

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

**Defective images within this document are accurate representation of  
The original documents submitted by the applicant.**

**Defects in the images may include (but are not limited to):**

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

From the INTERNATIONAL BUREAU

NOTIFICATION CONCERNING  
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS

(PCT Administrative Instructions, Section 411)

To:

BARDEHLE, PAGENBERG, DOST,  
ALTENBURG, FROHWITTER, GEISLER &  
PARTNER  
Galileiplatz 1  
D-81679 München  
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year)

13 June 1997 (13.06.97)

Applicant's or agent's file reference

## IMPORTANT NOTIFICATION

International application No.

PCT/DE96/02181

International filing date (day/month/year)

14 November 1996 (14.11.96)

Priority date (day/month/year)

17 November 1995 (17.11.95)

Applicant

FRANZ, Wolfgang-M. et al

The applicant is hereby notified of the date of receipt by the International Bureau of the priority document(s) relating to the following application(s):

Priority application No:Priority date:Priority country:Date of receipt of priority document:

195 42 838.2

17 Nov 1995 (17.11.95)

DE

14 Nov 1996 (14.11.96)

196 40 630.7

01 Oct 1996 (01.10.96)

DE

14 Nov 1996 (14.11.96)

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Céline Faust

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF THE RECORDING  
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and  
Administrative Instructions, Section 422)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

REITSTÖTTER, KINZEBACH & PARTNER  
Sternwartstrasse 4  
D-81679 München  
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 24 June 1997 (24.06.97)	<b>IMPORTANT NOTIFICATION</b>
Applicant's or agent's file reference	
International application No. PCT/DE96/02181	International filing date (day/month/year) 14 November 1996 (14.11.96)

## 1. The following indications appeared on record concerning:

☐ the applicant
                    
 ☐ the inventor
                    
 ☒ the agent
                    
 ☐ the common representative

Name and Address BARDEHLE, PAGENBERG, DOST, ALTENBURG, FROHWITTER, GEISLER & PARTNER Galileiplatz 1 D-81679 München Germany	State of Nationality	State of Residence
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	

## 2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☒ the person
                    
 ☒ the name
                    
 ☒ the address
                    
 ☐ the nationality
                    
 ☐ the residence

Name and Address REITSTÖTTER, KINZEBACH & PARTNER Sternwartstrasse 4 D-81679 München Germany	State of Nationality	State of Residence
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	

## 3. Further observations, if necessary:

 Subsequent to this change of agent under PCT Rule 92bis, a power of attorney is needed  
 from the applicants authorizing the agent of record to act on their behalf.

## 4. A copy of this notification has been sent to:

<input checked="" type="checkbox"/> the receiving Office	<input checked="" type="checkbox"/> the designated Offices concerned
<input type="checkbox"/> the International Searching Authority	<input type="checkbox"/> the elected Offices concerned
<input type="checkbox"/> the International Preliminary Examining Authority	<input type="checkbox"/> other:

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland  Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer  Céline Faust  Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	--

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION CONCERNING  
DOCUMENT TRANSMITTED

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

United States Patent and Trademark  
Office  
(Box PCT)  
Crystal Plaza 2  
Washington, DC 20231  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as designated Office

Date of mailing (day/month/year)  
13 June 1997 (13.06.97)International application No.  
PCT/DE96/02181International filing date (day/month/year)  
14 November 1996 (14.11.96)

Applicant

FRANZ, Wolfgang-M. et al

The International Bureau transmits herewith the following documents and number thereof:

---

cop(ies) of priority document(s) (Rule 17.2(a))The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Céline Faust

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

United States Patent and Trademark  
Office  
(Box PCT)  
Crystal Plaza 2  
Washington, DC 20231  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 21 July 1997 (21.07.97)	
International application No. PCT/DE96/02181	Applicant's or agent's file reference
International filing date (day/month/year) 14 November 1996 (14.11.96)	Priority date (day/month/year) 17 November 1995 (17.11.95)
Applicant FRANZ, Wolfgang-M. et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

17 June 1997 (17.06.97)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:2. The election ☒ was☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer Céline Faust Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	--

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

COMMUNICATION OF  
INTERNATIONAL APPLICATIONS

(PCT Article 20)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

United States Patent and Trademark  
Office  
(Box PCT)  
Crystal Plaza 2  
Washington, DC 20231  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

Date of mailing:

17 July 1997 (17.07.97)

in its capacity as designated Office

The International Bureau transmits herewith copies of the international applications having the following international application numbers and international publication numbers:

International application no.:

PCT/DE96/02181

International publication no.:

WO97/17937

**CORRECTED VERSION  
VERSION CORRIGEE**

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer:

J. Zahra  
Telephone No.: (41-22) 338.83.38

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION CONCERNING  
DOCUMENT TRANSMITTED

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

United States Patent and Trademark  
Office  
(Box PCT)  
Crystal Plaza 2  
Washington, DC 20231  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year)

13 May 1998 (13.05.98)

International application No.

PCT/DE96/02181

International filing date (day/month/year)

14 November 1996 (14.11.96)

Applicant

FRANZ, Wolfgang-M. et al

The International Bureau transmits herewith the following documents and number thereof:

           copy of the English translation of the international preliminary examination report (Article 36(3)(a))The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

S. Mafla

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

**Translation**

PATENT COOPERATION TREATY

**PCT**

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/DE96/02181	International filing date (day/month/year) 14 November 1996 (14.11.1996)	Priority date (day/month/year) 17 November 1995 (17.11.1995)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC C12N 15/86, A61K 31/70, 48/00 // C12N 9/02, C07K 14/47, 14/705		
Applicant FRANZ, Wolfgang-M.		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>5</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of <u>4</u> sheets.</p>	
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability, citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>	

Date of submission of the demand 17 June 1997 (17.06.1997)	Date of completion of this report 19 February 1998 (19.02.1998)
Name and mailing address of the IPEA/EP European Patent Office D-80298 Munich, Germany Facsimile No. 49-89-2399-4465	Authorized officer  Telephone No. 49-89-2399-0



# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE96/02181

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-28, as originally filed,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_, as originally filed,  
 Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
 Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 Nos. 1-24, filed with the letter of 06 February 1998 (06.02.1998),  
 Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1/12-12-12, as originally filed,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE 96/02181

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

### 1. Statement

Novelty (N)	Claims	1 - 25	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims		YES
	Claims	1 - 25	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1 - 25	YES
	Claims		NO

### 2. Citations and explanations

The regulatory nucleic acid sequence of the 5' end of the myosin light chain 2 (MLC-2) heart gene, that is the entire promotor region, has been thoroughly investigated and analysed in D1 (Cardioscience, vol. 5, no. 4 (1994), pages 235 to 243).

The cardiac-muscle-specific expression of a reporter gene (luciferase gene) controlled by this promotor has been demonstrated.

D1 further makes it very clear that these studies are only the preliminary tests for the use of other "therapeutic gene products" for cardiac-muscle-specific expression (see in particular page 241).

Therefore the concept of the present application is already anticipated by the teaching of D1.

Consequently, none of the broad original claims 1 to 19 can be attributed an inventive step.

However, a specific construct could involve an inventive step, but it is clear per se that a specific product of this type can at best be claimed if it is substantiated in relation both to its construction and its efficiency by experiments and is not simply based on speculation (see the majority of the present claims).

The newly submitted claims differ in that the claims which relate to a nucleic acid construct have been transformed in the same broad manner into "medicament claims" (see claims 1 to 13), and in that the constructs have been supplemented by the additional fact that "the regulatory nucleic acid sequence of the 5' end of the MLC-2 gene of the **cardiac muscle is present in a virus vector or is complexed with liposomes**" (Examiner's emphasis; cf. claims 14 to 19).

As concerns the first group, that is the medicaments, it should be noted that the retaining of the broad formulation cannot substantiate any inventive step in view of the initially mentioned objections.

It must also be stressed that, as in D1, the present application is (or should be) restricted to animal tests, and so, from other points of view as well, an inventive step can at best be substantiated in that the applicant has prepared **specific** constructs which are suitable for gene therapy in humans.

Unfortunately, however, the constructs in the second group, that is claims 14 to 19, are not regarded as "specific" constructs of this type, and the preparation of such general products must be considered obvious, since the adenovirus in particular appears to be the preferred vehicle for gene therapy (cf., for example, D2; WO-A-94/11506).

Therefore these claims are not inventive, either in the light of D1 and the prior art in general, or at least in the light of D1 and D2.

Moreover, the reference to other promoters which might not have the specificity of the claimed promoter (cf., for example, figure 3 of the present application) must be disregarded since the inventive step has to be assessed on the basis of the closest prior art, which is without a doubt D1.

In conclusion it must (again) be stated that the medicament claims are not supported by any test data.

## PCT

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts	<b>WEITERES VORGEHEN</b>	siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/DE 96/ 02181</b>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>14/11/1996</b>	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) <b>17/11/1995</b>
Anmelder  <b>FRANZ, WOLFGANG-M. et al.</b>		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 4 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).
2. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).
3. ☒ In der internationalen Anmeldung ist ein Protokoll einer Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz offenbart; die internationale Recherche wurde auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt,
  - ☒ das zusammen mit der internationalen Anmeldung eingereicht wurde.
  - ☐ das vom Anmelder getrennt von der internationalen Anmeldung vorgelegt wurde,
    - ☐ dem jedoch keine Erklärung beigelegt war, daß der Inhalt des Protokolls nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung in der eingereichten Fassung hinausgeht.
  - ☐ das von der Internationalen Recherchenbehörde in die ordnungsgemäße Form übertragen wurde.
4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung
  - ☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.
  - ☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt.
5. Hinsichtlich der Zusammenfassung
  - ☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.
  - ☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der Feld III angegebenen Fassung von dieser Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Internationalen Recherchenbehörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.
6. Folgende Abbildung der Zeichnungen ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen:  
Abb. Nr. 2
  - ☐ wie vom Anmelder vorgeschlagen
  - ☒ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.
  - ☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

☐ keine der Abb.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 6 C12N15/86 A61K31/70 A61K48/00 //C12N9/02,C07K14/47, C07K14/705		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) IPK 6 C12N A61K C07K		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JOURNAL OF BIOLOGICAL CHEMISTRY, Bd. 270, Nr. 39, 1.September 1995, Seiten 23173-23178, XP002001049 HUNTER J J ET AL: "VENTRICULAR EXPRESSION OF A MLC-2V-RAS FUSION GENE INDUCES CARDIAC HYPERTROPHY AND SELECTIVE DIASTOLIC DYSFUNCTION IN TRANSGENIC MICE"	1,2
Y	siehe das ganze Dokument ---	3-19
Y	CARDIOSCIENCE, Bd. 5, Nr. 4, Dezember 1994, LONDON, UK, Seiten 235-243, XP000673425 W.-M. FRANZ ET AL.: "Characterization of a cardiac-selective and developmentally upregulated promoter in transgenic mice" in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument --- -/-	1-19
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  9.Mai 1997		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts  20. 05. 97
Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+ 31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Hornig, H

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 44 41 327 C (INST PFLANZENGENETIK UND KULTU) 9.November 1995 siehe das ganze Dokument ---	1-19
Y	WO 94 11506 A (ARCH DEV CORP) 26.Mai 1994 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ---	1-19
A	J. MOL. CELL CARDIOL., Bd. 27, Nr. 10, Oktober 1995, ACADEMIC PRESS LIMITED, NY, US, Seiten 2359-2372, XP000673465 S.K. DOUD ET AL.: "Adaptional response in transcription factors during development of myocardial hypertrophy" siehe das ganze Dokument ---	1-19
A	JOURNAL OF BIOLOGICAL CHEMISTRY, Bd. 267, Nr. 22, 1.Januar 1992, Seiten 15875-15885, XP002001050 LEE K J ET AL: "MYOSIN LIGHT CHAIN-2 LUCIFERASE TRANSGENIC MICE REVEAL DISTINCT REGULATORY PROGRAMS FOR CARDIAC AND SKELETAL MUSCLE-SPECIFIC EXPRESSION OF A SINGLE CONTRACTILE PROTEIN GENE" siehe das ganze Dokument ---	1-19
A	J. BIOL. CHEM., Bd. 264, Nr. 30, 25.Oktober 1989, AM. SOC. BIOCHEM. MOL.BIOL.,INC.,BALTIMORE,US, Seiten 18142-18148, XP002030651 S.A. HENDERSON ET AL.: "Structure, organization, and expression of the rat cardiac myosin light chain-2 gene" in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ---	1-19
A	MOL. CELL. BIOL., Bd. 14, Nr. 2, Februar 1994, ASM WASHINGTON, DC,US, Seiten 1220-1229, XP000673426 K.J. LEE ET AL.: "Positive regulatory elements (HF-1a and HF-1b) and a novel negative regulatory element (HF-3) mediate ventricular muscle-specific expression of myosin light-chain 2-luciferase fusion genes in transgenic mice" in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ---	1-19
	---	

-/--

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>CIRCULATION, Bd. 92, Nr. 8, SUPPL. 01, 15.Oktober 1995, Seite I114 XP002001047 WOBUS A M ET AL: "RETINOIC ACID INDUCES EXPRESSION OF THE VENTRICULAR 2.1 KB MYOSIN-LIGHT-CHAIN-2 PROMOTER DURING IN VITRO CARDIOGENESIS OF EMBRYONIC STEM CELLS" abstract no. 0536 siehe das ganze Dokument ---</p>	1-19
A	<p>WO 95 00655 A (MC MASTER UNIVERSITY) 5.Januar 1995 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ---</p>	1-19
A	<p>WO 95 02697 A (RHONE POULENC RORER SA ;PERRICAUDET MICHEL (FR); VIGNE EMMANUELLE) 26.Januar 1995 siehe das ganze Dokument ---</p>	1-19
A	<p>WO 95 23867 A (RHONE POULENC RORER SA ;DENEFFLE PATRICE (FR); LATTA MARTINE (FR);) 8.September 1995 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ---</p>	1-19
P,X	<p>THIRD MEETING OF THE EUROPEAN WORKING GROUP OF HUMAN GENE TRANSFER AND THERAPY, BARCELONA, SPAIN, NOVEMBER 17-20, 1995. GENE THERAPY 2 (SUPPL. 1). 1995. S18. ISSN: 0969-7128, XP002030652 ROTHMANN T ET AL: "Heart muscle-specific gene expression using replication defective recombinant adenovirus." abstract no. 66 siehe Zusammenfassung ---</p>	1-19
P,X	<p>GENE THERAPY, Bd. 3, Nr. 10, Oktober 1996, MACMILLAN PRESS, UK, Seiten 919-926, XP000673471 T. ROTHMANN ET AL.: "Heart muscle specific gene expression using replication defective recombinant adenovirus" siehe das ganze Dokument -----</p>	1-19



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

Information on patent family members

PCT/DE 96/02181

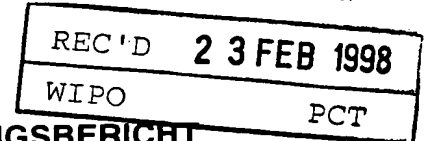
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4441327 C	09-11-95	WO 9616163 A	30-05-96
WO 9411506 A	26-05-94	AU 5609394 A	08-06-94
		CA 2149771 A	26-05-94
		EP 0668913 A	30-08-95
		JP 8506008 T	02-07-96
WO 9500655 A	05-01-95	AU 7118494 A	17-01-95
		CA 2166118 A	05-01-95
		EP 0705344 A	10-04-96
WO 9502697 A	26-01-95	FR 2707664 A	20-01-95
		FR 2718749 A	20-10-95
		AU 7264694 A	13-02-95
		CA 2144040 A	26-01-95
		CN 1113390 A	13-12-95
		CZ 9500639 A	15-11-95
		EP 0667912 A	23-08-95
		FI 951138 A	13-04-95
		HU 72558 A	28-05-96
		JP 8501703 T	27-02-96
		NO 950939 A	10-03-95
		NZ 269156 A	26-03-96
		PL 308122 A	24-07-95
		SK 31295 A	08-05-96
		ZA 9405012 A	20-02-95
WO 9523867 A	08-09-95	FR 2716893 A	08-09-95
		AU 1852695 A	18-09-95
		CA 2184113 A	08-09-95
		EP 0748385 A	18-12-96
		ZA 9501803 A	09-01-96

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)





Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts ----	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE96/02181	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 14/11/1996	Priority date (Tag/Monat/Jahr) 17/11/1995
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK C12N15/86		
Anmelder FRANZ, WOLFGANG-M. et al.		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.  
  
☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 4 Blätter.

- Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  17/06/1997	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  19.02.98
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde   Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. (+49-89) 2399-0, Tx: 523656 epmu d Fax: (+49-89) 2399-4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Grosskopf, R  Telefon (+49-89) 2399-8714  

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE96/02181

## I. Grundlage des Berichts

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten.*):

### Beschreibung, Seiten:

1-28 ursprüngliche Fassung

### Patentansprüche, Nr.:

1-24 eingegangen am 06/02/1998 mit Schreiben vom 06/02/1998

### Zeichnungen, Blätter:

1/12-12/12 ursprüngliche Fassung

2. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung, Seiten:
- ☐ Ansprüche, Nr.:
- ☐ Zeichnungen, Blatt:

3. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)):

4. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

### 1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche 1-25
	Nein: Ansprüche
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche
	Nein: Ansprüche 1-25
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche 1-25
	Nein: Ansprüche

**2. Unterlagen und Erklärungen**

**siehe Beiblatt**

Die regulatorische Nukleinsäuresequenz vom 5'-Ende des Myosin-Leichte-Ketten-2 Gens (MLC-2) des Herzens d.h. die gesamte Promotorregion, wurde in D1 (Cardioscience, Bd. 5, Nr. 4, (1994), Seiten 235-243) eingehend untersucht und analysiert.

Die Herzmuskel-spezifische Expression eines Reportergens (Luciferasegen) unter Kontrolle dieses Promotors wurde nachgewiesen.

D1 macht ferner eindeutig klar, daß diese Studie nur die Vorversuche für die Anwendung anderer "therapeutisch wirksamer Genprodukte" für die Herzmuskel-spezifische Expression darstellen (siehe insbesondere Seiten 241).

Daher ist das Konzept der vorliegenden Anmeldung durch die Lehre von D1 bereits vorweggenommen.

Konsequenterweise kann keinem der breiten ursprünglichen Ansprüche 1 bis 19 eine erfinderische Tätigkeit zugesprochen werden.

Eine erfinderische Tätigkeit könnte allenfalls in einem spezifischen Konstrukt begründet liegen.

Es versteht sich aber von selbst, daß solch ein spezifisches Produkt bestenfalls dann beansprucht werden kann, wenn es sowohl in Bezug auf seine Konstruktion als auch in Bezug auf seine Wirksamkeit, nicht nur auf Spekulationen beruht (siehe der Großteil der geltenden Ansprüche), sondern experimentell belegt ist.

Der neu eingereichte Anspruchssatz unterscheidet sich dadurch, daß die Ansprüche, die sich auf ein Nukleinsäurekonstrukt bezogen in derselben breiten Form in "Arzneimittelansprüche" umgewandelt wurden (siehe Ansprüche 1-13), bzw. daß die Konstrukte durch den Zusatz ergänzt wurden, daß "die regulatorische Nukleinsäuresequenz vom 5'-Ende des MLC-2 Gens des **Herzmuskels enthalten in einem Virusvektor oder mit Liposomen komplexiert ist**" (Hervorhebung seitens des Prüfers; siehe Ansprüche 14 - 19).

Bezüglich der ersten Gruppe, d.h. der Arzneimittel muß gesagt werden, daß die Beibehaltung der breiten Formulierung, keine erfinderische Tätigkeit im Hinblick auf die eingangs erwähnten Einwände begründen kann.

Es muß auch noch betont werden, daß, ebenso wie D1, sich auch die gegenwärtige Anmeldung auf Tierversuche beschränkt (oder beschränken muß). Somit kann auch unter anderen Gesichtspunkten, eine erfinderische Tätigkeit

bestenfalls darin begründet liegen, daß die Anmelderin **spezifische** Konstrukte bereit gestellt hat, die sich für die Gentherapie am Menschen eignen.

Leider können aber auch die Konstrukte der zweiten Gruppe, d.h. die Ansprüche 14 - 19, nicht als solche "spezifischen" Konstrukte angesehen werden, bzw. muß die Herstellung solcher generellen Produkte als naheliegend angesehen werden, da insbesondere der Adenovirus das bevorzugte Vehikel für die Gentherapie darzustellen scheint (siehe z.B. D2; WO 94/11506).

Damit sind diese Ansprüche entweder im Hinblick auf D1 und den allgemeinen Stand der Technik, zumindest aber im Hinblick auf D1 und D2 nicht als erfinderisch anzusehen.

Darüber hinaus sei noch hinzugefügt, daß der Hinweis auf andere Promotoren, die möglicherweise nicht die Spezifität des beanspruchten Promotors aufweisen (siehe z.B. Abb. 3 der vorliegenden Anmeldung), unbeachtet bleiben müssen, da die Beurteilung der erfinderischen Tätigkeit vom nächsten Stand der Technik zu erfolgen hat. Dies ist unzweifelhaft D1.

Abschließend muß (wiederholt) erwähnt werden, daß die Arzneimittelansprüche durch keinerlei experimentellen Daten gestützt sind.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Arzneimittel, umfassend ein gentherapeutisches Nukleinsäurekonstrukt enthaltend eine regulatorische Nukleinsäuresequenz vom 5'-Ende des Myosin-Leichte-Ketten-2 Gens (MLC-2) des Herzmuskels, die funktionell mit einer Nukleinsäure verbunden ist, die für ein therapeutisch wirksames Genprodukt, für eine antisense Nukleinsäure oder für ein Ribozym kodiert; sowie einen pharmazeutisch annehmbaren Träger.
2. Arzneimittel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte regulatorische Nukleinsäuresequenz vom Herzmuskel eines Säugetiers, insbesondere vom Menschen oder von einem Nager, vor allem von einer Ratte abstammt.
3. Arzneimittel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte regulatorische Nukleinsäuresequenz die Nukleinsäuren von den Positionen von ungefähr +18 bis -19 bis ungefähr -800, vor allem von ungefähr +18 bis -19 bis ungefähr -1600 und insbesondere von ungefähr +18 bis -19 bis ungefähr -1800, vor allem von ungefähr +18 bis -19 bis ungefähr -2100 oder von ungefähr +18 bis -19 bis ungefähr -2700 bezogen auf den Transkriptionsstartpunkt des Myosin-Leichte-Ketten-2 Gens (MLC-2) des Herzmuskels umfaßt.
4. Arzneimittel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte regulatorische Nukleinsäuresequenz das HF-1a Element, das HF-1b Element, das MLE1 Element und das HF-3 Element umfaßt.
5. Arzneimittel nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte regulatorische Nukleinsäuresequenz zusätzlich das E-Box Element und/oder das HF-2 Element umfaßt.
6. Arzneimittel nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte regulatorische Nukleinsäuresequenz zusätzlich die CSS Sequenz umfaßt.

7. Arzneimittel nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß die Nukleinsäuresequenz eine DNA- oder RNA-Sequenz, vorzugsweise eine DNA-Sequenz ist.
- 5 8. Arzneimittel nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte DNA- oder RNA-Sequenz in einem Virusvektor enthalten ist.
- 10 9. Arzneimittel nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte DNA-Sequenz in einem Adenovirusvektor oder Adeno-assoziierten Virusvektor, vorzugsweise in einem Adenovirusvektor enthalten ist.
- 15 10. Arzneimittel nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Adenovirusvektor ein replikationsdefizienter Adenovirusvektor ist.
- 20 11. Arzneimittel nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Adeno-assoziierte Virusvektor ausschließlich aus zwei invertierten terminalen Wiederholungssequenzen (ITR) besteht.
- 25 12. Arzneimittel nach einem der Ansprüche 1-11, dadurch gekennzeichnet, daß das therapeutische Genprodukt ausgewählt ist aus Dystrophin,  $\beta$ -adrenergischer Rezeptor oder Stickstoffmonoxid-Synthase.
- 30 13. Arzneimittel nach einem der Ansprüche 1-12, dadurch gekennzeichnet, daß die Nukleinsäure, die für ein therapeutisch wirksames Genprodukt kodiert, eine oder mehrere nicht-kodierende Sequenzen und/oder eine polyA Sequenz enthält.
- 35 14. Gentherapeutisches Nukleinsäurekonstrukt gemäß der Definition in einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die regulatorische Nukleinsäuresequenz vom 5'-Ende des MLC-2 Gens des Herzmuskels in einem Virusvektor enthalten oder mit Liposomen komplexiert ist.



15. Nukleinsäurekonstrukt nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte regulatorische Nukleinsäure-Sequenz in einem Adenovirusvektor oder Adeno-assoziierten Virusvektor, vorzugsweise in einem Adenovirusvektor enthalten ist.
16. Nukleinsäurekonstrukt nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Adenovirusvektor ein replikationsdefizienter Adenovirusvektor ist.
17. Nukleinsäurekonstrukt nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Adeno-assoziierte Virusvektor ausschließlich aus zwei invertierten terminalen Wiederholungssequenzen (ITR) besteht.
18. Nukleinsäurekonstrukt nach einem der Ansprüche 14-17, dadurch gekennzeichnet, daß das therapeutische Genprodukt ausgewählt ist aus Dystrophin,  $\beta$ -adenergischer Rezeptor oder Stickstoffmonoxid-Synthase.
19. Nukleinsäurekonstrukt nach einem der Ansprüche 14-18, dadurch gekennzeichnet, daß die Nukleinsäure, die für ein therapeutisch wirksames Genprodukt kodiert, eine oder mehrere nicht-kodierende Sequenzen und/oder eine polyA Sequenz enthält.
20. Verfahren zur Herstellung eines Nukleinsäurekonstruktes gemäß der Definition in einem der Ansprüche 1-19, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte regulatorische Nukleinsäuresequenz funktionell mit einer Nukleinsäure verbunden wird, die für ein therapeutisch wirksames Genprodukt, für eine antisense Nukleinsäure oder für ein Ribozym kodiert.
21. Verfahren gemäß Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte Nukleinsäuresequenz zusätzlich in einen Virusvektor gemäß der Definition in einem der Ansprüche 8-11 kloniert wird und/oder mit Liposomen komplexiert wird.

22. Verwendung eines Nukleinsäurekonstruktes gemäß der Definition in einem der Ansprüche 1-19 zur Herstellung eines Arzneimittels zur gentherapeutischen Behandlung einer Herzerkrankung.

5

23. Verwendung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei der Herzerkrankung um die Herzinsuffizienz, dilatative oder hypertrophe Kardiomyopathie, Dystrophinopathie, Gefäßerkrankungen, Bluthochdruck, Arteriosklerose, Stenose und/oder Restenose der Blutgefäße handelt.

10

24. Verwendung nach einem der Ansprüche 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß das genannte Arzneimittel im wesentlichen in der Herzkammer wirkt.

15

20

58/ka

25 m-38039.cl2

GEÄNDERTES BLATT

**WORLD ORGANIZATION FOR INTELLECTUAL PROPERTY**  
**PCT** International Office  
**INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED ACCORDING TO AGREEMENT ON**  
**INTERNATIONAL COOPERATION IN THE AREA OF PATENTS (PCT)**

(51) International Patent Classification: A61K	A2	(11) International Publication No.: WO 97/17937  (43) International Publication Date: 22 May 1997 (05/22/97)
(21) International File No.: PCT/DE96/02181  (22) International Application Date: 14 November 1996 (11/14/96)  (30) Priority Dates: 195 42 838.2           17 November 1995 (11/17/95)   DE 196 40 630.7           1 October 1996 (10/01/96)       DE  (71)(72) Applicant and Inventor: FRANZ, Wolfgang M. (DE/DE): Fasanenring 15b, D-23627 Gross Groenau (DE)  (72) Inventor; and (75) Inventor/Applicant ( <i>only for US</i> ): ROTHMANN, Thomas (DE/DE); Im Karolingerweg 11, D-69123 Heidelberg (DE); KATUS, H.A. (DE/DE); Domhof 23, D-23909 Ratzeburg (DE).  (74) Attorney: BARDEHLE, PAGENBERG, DOST, ALTENBURG, FROHWITTER, GEISLER & PARTNER; Galileiplatz 1, D- 81679 Munich (DE).		(82) Assigned Countries: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, DP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TI, TM, TR, TT, UA, UG, UZ, UZ, VN, AR/FO Patent (KE, LS, MW, SD, SZ, UG), Eurasian Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TI, TM), European Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).  Published: <i>Without international search report and to be published again after receiving the report.</i>
(54) Title: [English]  (54) Title: [German]  (57) Abstract [English]  (57) Abstract [German]		

### Patent Claims

1. Medication comprising a gene therapeutic nucleic acid working model containing a regulatory nucleic acid sequence of 5' end of myosin light chain 2 gene (MLC 2) of the heart, which are functionally connected with the nucleic acid, which are encoded for a therapeutically effective gene product, for an antisense nucleic acid, or for a ribosome.

[Claims 2 to 13 have been amended by substituting "Nucleic acid working model" with -- Medication --.]

14. A gene therapeutic nucleic acid working model according to the definition of one of claims 1 to 7, characterized in that the regulatory nucleic acid sequence of the 5' end of the MLC 2 gene of the heart muscle is contained in a virus vector or is complexed by means of liposomes.
15. A nucleic acid working model according to claim 14, characterized in that the named regulatory nucleic acid sequence is contained in an adenovirus vector or adeno-associated virus vector, preferably in an adenovirus vector.
16. A nucleic acid working model according to claim 15, characterized in that the named adenovirus vector is a replication deficient adenovirus vector.
17. A nucleic acid working model according to claim 15, characterized in that the named adeno-associated virus vector consists exclusively of two inverted terminal repetition sequences (ITR).
18. A nucleic acid working model according to one of claims 14 to 17, characterized in that the therapeutic gene product is selected from a dystrophin,  $\beta$  adrenergic receptor, or nitrogen monoxide synthesis.

19. A nucleic acid working model according to one of claims 14 to 18, characterized in that the nucleic acid, which is encoded for a therapeutically effective gene product, contains one or several non-encoding sequences and/or one polyA sequence.
20. A process for producing a nucleic acid working model according to one of claims 1-19, characterized in that the named regulatory nucleic acid sequence is functionally connected to a nucleic acid, which encodes for a therapeutically effective gene product, for an antisense nucleic acid, or for ribosome.
21. A process according to claim 20, characterized in that the named nucleic acid sequence is cloned additionally in virus vector according to one of claims 8-11 and/or complexed by means of liposomes.
22. An application of a nucleic acid working model according to the definition in one of claims 1-19 for producing a medication for gene therapeutic treatment of heart disease.
23. An application according to claim 22, characterized in that the heart disease is a heart insufficiency, dilative or hypertrophic cardiomyopathy, dystrophinopathy, vessel disorder, high blood pressure, atherosclerosis, stenosis, and/or restenosis of the blood vessels.
24. An application according to one of claims 22 or 23, characterized in that the named medication acts essentially on the heart cavity.

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :</b>  <b>A61K</b>	<b>A2</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/17937</b>  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 22. Mai 1997 (22.05.97)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/DE96/02181  <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 14. November 1996 (14.11.96)  <b>(30) Prioritätsdaten:</b> 195 42 838.2 17. November 1995 (17.11.95) DE 196 40 630.7 1. Oktober 1996 (01.10.96) DE  <b>(71)(72) Anmelder und Erfinder:</b> FRANZ, Wolfgang-M. [DE/DE]; Fasanenring 15b, D-23627 Gross Grönuau (DE).  <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> ROTHMANN, Thomas [DE/DE]; Im Karolingerweg 11, D-69123 Heidelberg (DE). KATUS, H.A. [DE/DE]; Domhof 23, D-23909 Ratzeburg (DE).  <b>(74) Anwalt:</b> BARDEHLE, PAGENBERG, DOST, ALTENBURG, FROHWITTER, GEISLER & PARTNER; Galileiplatz 1, D-81679 München (DE).		<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, ARIPO Patent (KE, LS, MW, SD, SZ, UG), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>
<b>(54) Title:</b> GENE-THERAPEUTIC NUCLEIC ACID CONSTRUCT, PRODUCTION OF SAME AND USE OF SAME IN THE TREATMENT OF HEART DISORDERS  <b>(54) Bezeichnung:</b> GENTHERAPEUTISCHES NUKLEINSÄUREKONSTRUKT, SEINE HERSTELLUNG UND VERWENDUNG ZUR BEHANDLUNG VON HERZERKRANKUNGEN  <b>(57) Abstract</b> <p>The invention relates to a gene-therapeutic nucleic acid construct containing a regulatory nucleic acid sequence of the 5'-end of the myosin light chain 2 (MLC-2) heart gene. The regulatory nucleic acid sequence in question is functionally connected to a nucleic acid which codes for a therapeutically active gene product, antisense nucleic acid or ribozyme. Also disclosed is a process for producing the construct and its use in gene therapy for treating heart disorders.</p> <b>(57) Zusammenfassung</b> <p>Bei der Erfindung handelt es sich um ein gentherapeutisches Nukleinsäurekonstrukt enthaltend eine regulatorische Nukleinsäuresequenz vom 5'-Ende des Myosin-Leichte-Ketten-2 Gens (MLC-2) des Herzens, die funktionell mit einer Nukleinsäure verbunden ist, die für ein therapeutisch wirksames Genprodukt, für eine antisense Nukleinsäure oder für ein Ribozym kodiert, sowie um ein Verfahren zu dessen Herstellung und die Verwendung zur gentherapeutischen Behandlung von Herzerkrankungen.</p>		

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauritanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

---

Gentherapeutisches Nukleinsäurekonstrukt, seine Herstellung  
und Verwendung zur Behandlung von Herzerkrankungen

---

Die vorliegende Erfindung betrifft ein gentherapeutisches Nukleinsäurekonstrukt enthaltend eine regulatorische Nukleinsäuresequenz vom 5'-Ende des Myosin-Leichte-Ketten-2 Gens (MLC-2) des Herzens, die funktionell mit einer Nukleinsäure verbunden ist, die für ein therapeutisch wirksames Genprodukt, für eine antisense Nukleinsäure oder für ein Ribozym kodiert, sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung und die Verwendung zur gentherapeutischen Behandlung von Herzerkrankungen.

Das Krankheitsbild der Kardiomyopathie umfaßt eine Gruppe von Herzmuskelerkrankungen, welche sich sowohl in kontraktilen als auch in elektrophysiologischen Störungen zeigen und letztlich zur schweren Herzinsuffizienz und/oder zum plötzlichen, elektrophysiologischen Herztod führen. Die Suche nach monogenetischen Ursachen bei familiären Formen der dilatativen und hypertrophen Kardiomyopathie ist derzeit Gegenstand zahlreicher wissenschaftlicher Untersuchungen. So konnten gerade in jüngster Zeit genetische Ursachen für Herzmuskelerkrankungen auf molekularer Ebene aufgeklärt werden. Beispielsweise verursacht die sogenannte Duchenne Muskeldystrophie (DMD) auch eine Kardiomyopathie. DMD ist eine Erbkrankheit, die durch Mutationen und Deletionen im Dystrophinogen verursacht wird. Das Dystrophinogen ist auf dem



- 2 -

X-Chromosom lokalisiert und wird beim gesunden Menschen u. a. in Herzmuskelzellen exprimiert. Ferner wurde gefunden, daß bei dem chronisch congestiven Herzfehler (CHF) das Myokard 50% weniger an  $\beta$ -adrenergischem Rezeptor enthält als gesundes Myokard.

Nach der Identifizierung genetischer Defekte oder dem Nachweis einer veränderten Genexpression in erkrankten Herzmuskelgeweben ergibt sich daher die Möglichkeit, die Krankheiten mittels molekularbiologischer Methoden zu heilen. So stellt beispielsweise der somatische Gentransfer eine vielversprechende Methode dar, genetisch bedingte Herzmuskelerkrankungen zu behandeln.

Für den somatischen Gentransfer eignen sich verschiedene Methoden, wie z. B. der Gentransfer durch Injektion von DNA, der Liposomen-unterstützte Gentransfer oder der Gentransfer mittels retroviraler, adenoviraler oder adeno-assoziiierter Vektoren. Wesentliche Voraussetzungen für eine erfolgreiche Gentherapie sind eine hohe Übertragungsrate, eine stabile Genexpression und vor allem die Gewebespezifität.

In der WO94/11506 wird der erfolgreiche Gentransfer und die erfolgreiche Expression eines Gens kodierend für die  $\beta$ -Galaktosidase unter der Kontrolle des CMV-Promotors sowohl in glatten Muskelzellen der Koronargefäße als auch in Herzmuskelzellen gezeigt. Eine Herzmuskel-spezifische Expression konnte jedoch nicht erreicht werden. In der Beschreibung wird zwar allgemein auf den Herzmuskel-spezifischen Troponin C (cTNC) Promotor hingewiesen, ohne jedoch eine herzspezifische in vivo Expression zu zeigen.

Aus Franz, W.-M. et al. (1994) Cardioscience, 5, 235-243, N. 4 ist bekannt, daß die Mikroinjektion einer nackten DNA eines Myosin-Leichte-Ketten-2(MLC-2)-Promotor-Luciferase-Fusionsgens in den männlichen Pronukleus von fertilisierten Mausoozyten eine transgene Maus erzeugt, die eine Herzmuskel-spezifische Expression des Luciferasegens besitzt.

Myosin, eine Hauptkomponente des Herzmuskels und anderer gestreifter Muskeln, besteht aus zwei schweren Ketten (MHC) und zwei Paaren von Myosin-Leichte-Ketten (MLC). Die MLC teilen sich wiederum in eine nicht-phosphorylierbare (MLC-1) und eine phosphorylierbare (MLC-2) Form. Es wurde nun gefunden, daß die regulatorische Nukleinsäuresequenz (Promotor) am 5'-Ende der MLC-2 Gene der Skelettmuskel und der Herzmuskel der Ratte unterschiedlich sind, jedoch der MLC-2 Gene der Herzmuskel der Ratte und des Huhns konserviert sind, obwohl die Ratte und das Huhn evolutionär weit getrennt sind (Henderson, S. A. et al. (1989) J. Biol. Chem., 264, 18142-18148). Lee et al. (Lee, K. J. et al. (1994) Mol. Cell. Biol., 14, 1220-1229, No. 2) fanden nun anhand von transgenen Mäusen, daß eine Kombination von positiven (HF-1a und HF-1b) und negativen (E-Box und HF-3) regulatorischen Elementen, die innerhalb von 250 Basenpaaren stromaufwärts vom Transkriptionsstartpunkt liegen, eine Ventrikelkammer-spezifische Expression verursacht, obwohl ein Erhalt der Spezifität bei einer gentherapeutischen in vivo Applikation bis heute nicht gezeigt werden konnte. Franz, W.-M. et al. (1994), supra fanden jedoch ebenso anhand von transgenen Mäusen, daß für die Herzmuskel-spezifische Expression eine weitere regulatorische Sequenz, die sogenannte herzspezifische Sequenz (CSS), ein ca. 1700 Basenpaare stromaufwärts vom Transkriptionsstartpunkt liegendes Repressorelement, notwendig ist. Aus diesen Ergebnissen erkennt man, daß der Mechanismus zur Herz-spezifischen Expression von Genen noch nicht geklärt ist und eine Herz-spezifische Expression eines Gens nach in vivo Applikation des Gens noch nicht gefunden wurde.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war daher, ein Nukleinsäurekonstrukt zu finden, das für die Gentherapie von Herzerkrankungen eine hohe Übertragungsrate, eine stabile Genexpression und vor allem eine Spezifität für Herzmuskelzellen besitzt.

- 4 -

Ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher ein  
g ntherapeutisches Nukleinsäurekonstrukt enthaltend ein  
regulatorische Nukleinsäuresequenz vom 5'-Ende des Myosin-  
Leichte-Ketten-2 Gens (MLC-2) des Herzens, vorzugsweise des  
Herzens eines Säugetiers, insbesondere vom Menschen oder von  
einem Nager, vor allem von der Ratte, die funktionell mit  
einer Nukleinsäure verbunden ist, die für ein therapeutisch  
wirksames Genprodukt, für eine antisense Nukleinsäure oder  
für ein Ribozym kodiert.

Als regulatorische Nukleinsäuresequenz im Sinne der  
vorliegenden Erfindung versteht man im allgemeinen die  
stromaufwärts vom Transkriptionsstartpunkt (+1) des MLC-2  
Gens gelegene Nukleinsäuresequenz, die die Transkription  
einer mit dieser Sequenz am 3'-Ende verbundenen, stromabwärts  
liegenden Nukleinsäuresequenz insbesondere bezüglich des  
korrekten Transkriptionsstartes, der Transkriptionsrate  
und/oder der Herzmuskel-Gewebespezifität kontrolliert, d.h.  
die regulatorische Nukleinsäuresequenz ist mit der  
stromabwärts liegenden Nukleinsäuresequenz funktionell  
verbunden. Die Sequenz von ungefähr +18 bis -19 bis ungefähr  
-800 bezogen auf den Transkriptionsstartpunkt des MLC-2 Gens  
des Herzens ist besonders bevorzugt (siehe Abb. 10), da es  
besonders überraschend war, daß ungefähr 800 Basenpaare  
stromaufwärts vom Transkriptionsstartpunkt ausreichend sind,  
um bei einer in vivo Applikation eine Herz-spezifische und  
insbesondere eine Herzkammer-spezifische Expression zu  
bewirken, obwohl diese Sequenz die sogenannte herzspezifisch  
Sequenz CSS nicht enthält. Eine weitere bevorzugt  
Ausführungsform ist auch eine Sequenz von ungefähr +18 bis  
-19 bis ungefähr -1600 und insbesondere von ungefähr +18 bis  
-19 bis ungefähr -1800, vor allem von ungefähr +18 bis -19  
bis ungefähr -2100 oder von ungefähr +18 bis -19 bis ungefähr  
-2700 bezogen auf den Transkriptionsstartpunkt des MLC-2 Gens  
des Herzens (siehe Abb. 10). Die regulatorisch  
Nukleinsäur s quenz enthält vor allem ein oder mehrer  
regulatorisch Elemente ausgewählt aus TATA-Box, HF-1a, HF-  
1b, HF-2, HF-3, E-Box, MLE1 und/od r CSS-S quenz,

insbesondere ausgewählt aus TATA-Box, HF-1a, HF-1b, HF-2, HF-3, E-Box und/oder MLE1. Beispielsweise liegt bei einer regulatorischen Nukleinsäuresequenz der Ratte die TATA-Box ungefähr zwischen -198 und -19, das HF-1 Element, eine konservierte 28 Basen lange Sequenz, ungefähr zwischen -72 und -45 und insbesondere das HF-1a Element ungefähr zwischen -57 und -65 und das HF-1b Element ungefähr zwischen -45 und -56, das HF-2 Element ungefähr zwischen -123 und -134, das HF-3 Element ungefähr zwischen -186 und -198, das E-Box Element ungefähr zwischen -72 und -77, das MLE1 Element ungefähr zwischen -165 und -176 und das CSS-ähnliche Element ungefähr zwischen -1723 und -1686 bezogen auf den Transkriptionsstartpunkt des MLC-2 Gens (siehe Abb. 10). Bei dem MLC-2 Gen der Ratte liegen die regulatorischen Sequenzen TATA-Box, HF-1b Element, HF-1a Element, E-Box Element, HF-2 Element, MLE1 Element und HF-3 Element in dieser Reihenfolge innerhalb der ersten 200 Basen stromaufwärts vom Transkriptionsstartpunkt des Gens (siehe Abb. 10).

Für die herzspezifische Expression ist es bevorzugt, wenn das erfindungsgemäße Nukleinsäurekonstrukt das HF-1a Element, das HF-1b Element, das MLE1 Element und das HF-3 Element, vorzugsweise zusammen mit dem E-Box Element, insbesondere zusammen mit dem E-Box Element und/oder HF-2 Element, enthält. In jedem Fall ist es ebenso bevorzugt, wenn das erfindungsgemäße Nukleinsäurekonstrukt zusätzlich die herzspezifische Sequenz CSS enthält.

Unter einem gentherapeutischen Nukleinsäurekonstrukt im Sinne dieser Erfindung versteht man ein Nukleinsäurekonstrukt mit einer Nukleinsäuresequenz, die insbesondere eine DNA- oder RNA-Sequenz, vorzugsweise eine einzelsträngige oder doppelsträngige, vor allem eine doppelsträngige DNA-Sequenz ist, wobei das Nukleinsäurekonstrukt als Arzneimittel für die gentherapeutische Behandlung von Herzerkrankungen, insbesondere zur Behandlung von Herzinsuffizienz, dilatative oder hypertrophe Kardiomyopathie, Dystrophinopathie, Gefäßerkrankungen, Bluthochdruck, Arteriosklerose, Stenose

oder Restenose der Blutgefäße in vorteilhafterweise verwendet werden kann.

Das erfindungsgemäße Nukleinsäurekonstrukt wird vorzugsweise mit einem Virusvektor und/oder mit Liposomen kombiniert, vorzugsweise mit einem Adenovirusvektor, vor allem mit einem replikationsdefizienten Adenovirusvektor, oder mit einem Adeno-assoziierten Virusvektor, vor allem mit einem Adeno-assoziierten Virusvektor, der ausschließlich aus zwei invertierten terminalen Wiederholungssequenzen (ITR) besteht, ligiert. Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die gentechnische Verbindung des erfindungsgemäßen Nukleinsäurekonstruktes mit einem Adenovirusvektor, vor allem mit einem replikationsdefizienten Adenovirusvektor.

Ein Adenovirusvektor und insbesondere ein replikationsdefizienter Adenovirusvektor sind aus den folgenden Gründen besonders bevorzugt:

Das humane Adenovirus gehört zu der Klasse der doppelsträngigen DNA-Viren mit einem Genom von ca. 36 Kilobasenpaaren (Kb). Die virale DNA kodiert für etwa 2700 verschiedene Genprodukte, wobei man frühe ("early genes") und späte ("late genes") Genprodukte in bezug auf den adenoviralen Replikationszyklus unterscheidet. Die "early genes" werden in vier transkriptionelle Einheiten, E1 bis E4, unterteilt. Die späten Genprodukte kodieren für die Kapsidproteine. Immunologisch können mindestens 42 verschiedene Adenoviren und die Untergruppen A-F unterschieden werden, die alle für die vorliegende Erfindung geeignet sind. Die Transkription der viralen Gene setzt die Expression der E1 Region voraus, welche für einen Transaktivator der adenoviralen Genexpression kodiert. Diese Abhängigkeit der Expression aller nachfolgenden viralen Gen von dem E1-Transaktivator kann für die Konstruktion der nicht replikationsfähigen adenoviralen Vektoren genutzt werden (siehe z. B. McGrory, W. J. et al. (1988) Virol. 163, 614-617 und Gluzman, Y. et al. (1982) in "Eukaryotic Viral

Vectors (Gluzman, Y. ed) 187-192, Cold Spring Harbor Press, Cold Spring Harbor, New York). In adenoviralen Vektoren, insbesondere vom Typ 5 (Sequenz siehe Chroboczek, J. et al. (1992) Virol. 186, 280-285) und vor allem von der Untergruppe C, wird im allgemeinen die E1-Genregion durch ein Fremdgen mit eigenem Promotor bzw. durch das erfindungsgemäße Nukleinsäurekonstrukt ersetzt. Durch den Austausch der E1-Genregion, welche für die Expression der nachgeschalteten adenoviralen Gene Voraussetzung ist, entsteht ein nicht replikationsfähiges Adenovirus. Diese Viren können sich dann nur in einer Zelllinie vermehren, welche die fehlenden E1 Gene ersetzt.

Replikationsdefiziente Adenoviren werden daher im allgemeinen durch homologe Rekombination in der sogenannten 293 Zelllinie (humane embryonale Nierenzelllinie), die eine Kopie der E1 Region stabil im Genom integriert hat, gebildet. Hierzu werden unter Kontrolle eines eigenen Promotors (z.B. des m1c-2 Promotors gemäß der vorliegenden Erfindung) eine Nukleinsäuresequenz (z.B. die für ein therapeutisch wirksames Genprodukt gemäß der vorliegenden Erfindung oder für einen Marker, z. B.  $\beta$ -Galaktosidase/ $\beta$ -Gal) in rekombinante adenovirale Plasmide kloniert. Anschließend erfolgt die homologe Rekombination beispielsweise zwischen den Plasmiden pAd.m1c-2/ $\beta$ -Gal und einem E1-defizienten adenoviralen Genom wie z. B. d1327 oder del324 (Adenovirus 5) in der Helferzelllinie 293. Bei erfolgreicher Rekombination werden virale Plaques geerntet. Die so erzeugten replikationsdefizienten Viren werden dann in hohen Titern (beispielsweise  $10^9$  bis  $10^{11}$  "plaque forming units" oder Plaque bildende Einheiten) zur Infektion der Zellkultur oder für die somatische Gentherapie eingesetzt.

Im allgemeinen ist die genaue Insertionsstelle der Fremd-DNA in das adenovirale Genom nicht kritisch. Es ist z. B. auch möglich die Fremd-DNA an die Stelle des deletierten E3 Gens zu klonieren (Karlsson, S. et al. EMBO J. 1986, 5, 2377-2385). Vorzugsweise wird jedoch die E1 Region oder Teile

- 8 -

davon, z. B. die E1A oder E1B Region (siehe z. B. WO95/00655) durch die Fremd-DNA ersetzt, vor allem wenn auch die E3 Region deletiert ist.

Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf das adenovirale Vektorsystem beschränkt, sondern auch Adeno-assoziierte Virusvektoren eignen sich in Kombination mit dem erfindungsgemäßen Nukleinsäurekonstrukt aus folgenden Gründen in besonderer Weise:

Das AAV Virus gehört zur Familie der Parvoviren. Diese zeichnen sich durch ein ikosaedrisches, unbehülltes Kapsid mit einem Durchmesser von 18-30 nm aus, welches eine lineare, einzelsträngige DNA von ca. 5 kb enthält. Für eine effiziente Vermehrung von AAV ist eine Koinfektion der Wirtszelle mit Helferviren erforderlich. Als Helfer eignen sich beispielsweise Adenoviren (Ad5 oder Ad2), Herpesviren und Vacciniaviren (Muzyczka, N. (1992) Curr. Top. Microbiol. Immunol. 158, 97-129). In Abwesenheit eines Helfervirus geht AAV in einen Latenzzustand über, wobei das Virusgenom in der Lage ist, stabil in das Wirtszellgenom zu integrieren. Die Eigenschaft von AAV in das Wirtsgenom zu integrieren macht es als Transduktionsvektor für Säugertierzellen besonders interessant. Für die Vektorfunktionen genügen im allgemeinen die beiden ca. 145 bp langen invertierten terminalen Wiederholungssequenzen (ITR: inverted terminal repeats; siehe z. B. WO95/23867). Sie tragen die in "cis" notwendigen Signale für Replikation, Verpackung und Integration in das Wirtszellgenom. Zur Verpackung in rekombinante Vektorpartikel wird ein Vektorplasmid, welches die Gene für nicht-strukturelle Proteine (rep-Proteine) und für strukturelle Proteine (cap-Proteine) trägt, in Adenovirus-infizierte Zellen transfiziert. Nach einigen Tagen wird ein zellfreies Lysat hergestellt, welches neben den rekombinanten AAV Partikeln auch Adenoviren enthält. Die Adenoviren können vorteilhafterweise durch Erhitzen auf 56°C oder durch Bandieren im Cäsiumchlorid-Gradienten entfernt werden. Mit dieser Cotransfektionsmethode sind rAAV Titer von  $10^5$ - $10^6$

IE/ml erzielbar. Die Kontamination durch Wildtyp Viren liegt unterhalb der Nachweisgrenze, wenn das Verpackungsplasmid und das Vektorplasmid keine überlappenden Sequenzen besitzen (Samulski, R. J. (1989) J. Virol. 63, 3822-3828).

Der Transfer von Fremdgenen in somatische Körperzellen kann durch AAV in ruhende, differenzierte Zellen erfolgen, was für die Gentherapie des Herzens besonders vorteilhaft ist. Durch die erwähnte Integrationsfähigkeit kann auch eine lang anhaltende Genexpression in vivo gewährleistet werden, was wiederum besonders vorteilhaft ist. Ein weiterer Vorteil von AAV ist, daß das Virus nicht pathogen für den Menschen und relativ stabil in vivo ist. Die Klonierung des erfindungsgemäßen Nukleinsäurekonstruktes in den AAV-Vektor oder Teilen davon erfolgt nach dem Fachmann bekannten Methoden, wie sie z. B. in der WO95/23867, bei Chiorini, J. A. et al. (1995) Human Gene Therapy 6, 1531-1541 oder Kotin, R. M. (1994) Human Gene Therapy 5, 793-801 beschrieben sind.

Eine weitere vorteilhafte Kombination im Sinne der vorliegenden Erfindung ist die Komplexierung der erfindungsgemäßen Nukleinsäurekonstrukte mit Liposomen, da damit eine sehr hohe Transfektionseffizienz insbesondere von Herzmuskelzellen erreicht werden kann (Felgner, P. L. et al. (1987) Proc. Natl. Acad. Sci. USA 84, 7413-7417). Bei der Lipofektion werden kleine unilamellare Vesikel aus kationischen Lipiden durch Ultraschallbehandlung der Liposomensuspension hergestellt. Die DNA wird ionisch auf der Oberfläche der Liposomen gebunden und zwar in einem solchen Verhältnis, daß eine positive Nettoladung verbleibt und die Plasmid-DNA zu 100% von den Liposomen komplexiert wird. Neben den von Felgner et al. (1987, supra) eingesetzten Lipidmischungen DOTMA (1,2-Dioleoyloxypropyl-3-trimethylammoniumbromid) und DOPE (Dioleoylphosphatidylethanolamin) wurden inzwischen zahlreiche neue Lipidformulierungen synthetisiert und auf ihre Effizienz der Transfektion verschiedener Zelllinien getestet (Behr, J. P. et al. (1989) Proc. Natl. Acad. Sci. USA 86, 6982-6986; Felgner, J. H. et



al. (1994) J. Biol. Chem. 269, 2550-2561; Gao, X. & Huang, L. (1991) Biochem. Biophys. Res. Commun. 179, 280-285; Zhou, X. & Huang, L. (1994) Biochim. Biophys. Acta 1189, 195-203). Beispiele der neuen Lipidformulierungen sind DOTAP N-[1-(2,3-Dioleoyloxy)propyl]-N,N,N-trimethylammoniummethylsulfat oder DOGS (TRANSFECTAM; Dioctadecylamidoglycylspermin). Ein Beispiel für die Herstellung von DNA-Liposomenkomplexen und deren erfolgreiche Anwendung in der Herz-spezifischen Transfektion ist in der DE 44 11 402 beschrieben.

Als therapeutisches Genprodukt eignen sich beispielsweise Dystrophin, der  $\beta$ -adrenergische Rezeptor, die Stickstoffmonoxid-Synthase oder jedes andere Genprodukt, das z.B. einen monogenetischen Fehler komplementiert, elektrophysiologische Störungen verhindert bzw. verringert oder andere herzspezifische Krankheiten mildern bzw. heilen kann. Insbesondere ist es von Vorteil, wenn das Gen, das für das therapeutische Genprodukt kodiert (Transgen), ein oder mehrere nicht-kodierende Sequenzen einschließlich Intronsequenzen, vorzugsweise zwischen Promotor und dem Startcodon des Transgens, und/oder eine polyA Sequenz vor allem am 3'-Ende des Transgens, beispielsweise die endogene polyA Sequenz des jeweiligen Gens, vorzugsweise eine SV40 Virus polyA Sequenz, enthält, da hierdurch eine Stabilisierung der mRNA in der Herzmuskelzelle erreicht werden kann (Jackson, R. J. (1993) Cell 74, 9-14 und Palmiter, R. D. et al. (1991) Proc. Natl. Acad. Sci. USA 88, 478-482).

Die mit der regulatorischen Nukleinsäure des MLC-2 Gens funktionell verbundene Nukleinsäure kann jedoch nicht nur eine Nukleinsäure, die für ein therapeutisch wirksames Genprodukt kodiert, sein, sondern auch eine Nukleinsäure, die für eine "antisense" Nukleinsäure, vorzugsweise ein "antisense" Oligonukleotid, insbesondere ein "antisense" DNA-Oligonukleotid oder für in Ribozym kodiert. Sowohl durch "antisense" Oligonukleotide als auch durch Ribozyme kann die Expression von Genen im Herzen spezifisch verringert bzw.

verhindert werden, wodurch eine Vielzahl von Herzspezifischen Erkrankungen, wie z. B. die Arteriosklerose oder die Restenose, aber auch Autoimmun- oder Krebserkrankungen behandelt werden können (siehe z. B. Barr, E. & Leiden, J. M. (1994) Trends Cardiovasc. Med. 4, 57-63, No. 2 und Bertrand, E. et al. (1994) Nucleic Acids Res. 22, 293-300).

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch ein Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Nukleinsäurekonstruktes, wobei die oben näher beschriebene regulatorische Nukleinsäuresequenz funktionell mit einer Nukleinsäure verbunden wird, die für ein therapeutisch wirksames Genprodukt, für eine antisense Nukleinsäure oder für ein Ribozym kodiert. In einer bevorzugten Ausführungsform wird die genannte regulatorische Nukleinsäure und die Nukleinsäure, die für ein therapeutisch wirksames Genprodukt, für eine antisense Nukleinsäure oder für ein Ribozym kodiert, entweder gleichzeitig oder hintereinander in einen der oben näher beschriebenen Virusvektoren kloniert.

Das erfindungsgemäße Verfahren erfolgt nach dem Fachmann allgemein bekannten gentechnischen Methoden (siehe z. B. Maniatis et al. (1982) Molecular cloning, A laboratory manual. Cold Spring Harbor Laboratory New York). Die Protein- bzw. Nukleinsäuresequenzen der therapeutisch wirksamen Genprodukte sind beispielsweise über die EMBL Genbank oder jede andere öffentlich zugängliche Genbank erhältlich. Die Sequenz des MLC-2 Gens des Herzens der Ratte ist aus Henderson, S. A. et al. (1989), supra bekannt und die regulatorische Nukleinsäuresequenz des MLC-2 Gens kann der Abb. 10 entnommen werden. Ausgehend von diesen Sequenzen und der bei Henderson, S. A. et al. (1989), supra beschriebenen Methode zur Isolierung des MLC-2 Gens einschließlich der regulatorischen Sequenzen aus einer genomischen Genbank lassen sich ohne weiteres auch zu dem Rattengen homologe Sequenzen aus anderen Tieren oder dem Menschen finden. Insbesondere ist es möglich weitere regulatorische Sequenzen des MLC-2 Gens des Herzens in genomischen Genbanken anderer

Tiere oder des Menschen ohne unzumutbaren Aufwand zu isolieren, da, wie oben bereits erwähnt, die am 5'-Ende gelegenen regulatorischen Nukleinsäuresequenzen des MLC-2 Gens des Herzens sogar zwischen evolutionär weit entfernter Tierarten, wie z. B. der Ratte und dem Huhn, im wesentlichen konserviert sind (Henderson, S. A. et al. (1989), supra).

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren, bei dem das erfindungsgemäße Nukleinsäurekonstrukt mit Liposomen, wie z.B. in DE 44 11 402 näher beschrieben, komplexiert wird.

Ein anderer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch die Verwendung des erfindungsgemäßen Nukleinsäurekonstruktes zur gentherapeutischen Behandlung einer Herzerkrankung bzw. zur Herstellung eines Arzneimittels zur gentherapeutischen Behandlung einer Herzerkrankung, wobei es sich bei der Herzerkrankung vorzugsweise um die Herzinsuffizienz, dilatative oder hypertrophe Kardiomyopathie, Dystrophinopathie, Gefäßerkrankungen, Bluthochdruck, Arteriosklerose, Stenose und/oder Restenose der Blutgefäße handelt. Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn das erfindungsgemäße Nukleinsäurekonstrukt im wesentlichen in der Herzkammer (Ventrikel) wirkt.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher auch ein Arzneimittel enthaltend ein erfindungsgemäßes Nukleinsäurekonstrukt und gegebenenfalls einen pharmazeutischen Träger, der beispielsweise eine physiologische Pufferlösung, vorzugsweise mit einem pH von ungefähr 6,0 bis ungefähr 8,0, vor allem von ungefähr 6,8 bis ungefähr 7,8, insbesondere ungefähr 7,4 und/oder einer Osmolarität von ungefähr 200 bis ungefähr 400 milliosmols pro Liter (mosm/L), vorzugsweise von ungefähr 290 bis ungefähr 310 mosm/L enthält. Daneben kann der pharmazeutische Träger auch noch geeignete Stabilisatoren, wie z. B. Nukleaseinhibitoren, vorzugsweise Komplexbildner wie EDTA und/oder andere dem Fachmann bekannte Hilfsstoffe enthalten.

Die Applikation der erfindungsgemäßen Nukleinsäurekonstrukte gegebenenfalls in Kombination mit den oben beschriebenen Virusvektoren oder Liposomen erfolgt im allgemeinen intravenös (i. v.), z. B. mit Hilfe eines Katheters. Vorteilhaft ist beispielsweise die direkte Infusion des erfindungsgemäßen Nukleinsäurekonstruktes, vor allem in Form rekombinanter Adenoviren, in die Koronararterien des Patienten ("Percutaneous Coronary Gene Transfer", PCGT). Insbesondere ist die Applikation der erfindungsgemäßen Nukleinsäurekonstrukte, vor allem in Form rekombinanter Adenoviren mit Hilfe eines Ballonkatheters, wie z. B. bei Feldman et al. (Feldman, L. J. et al. (1994) JACC 235A, 906-34) beschrieben, bevorzugt, da hierdurch die Transfektion nicht nur auf das Herz, sondern auch innerhalb des Herzens auf die Injektionsstelle begrenzt werden kann.

Die unerwarteten Vorteile der vorliegenden Erfindung liegen darin, daß das erfindungsgemäße Nukleinsäurekonstrukt bei der gentherapeutischen Behandlung von Herzerkrankungen eine hohe Übertragungsrate zeigt, in den transfizierten Zellen stabil und exprimierbar ist und vor allem seine Spezifität für Herzmuskelzellen nicht verliert. Dies ist deshalb so überraschend, weil z. B. der smmhc-Promotor seine Spezifität für neonatale und adulte glatte Muskelzellen verliert (siehe Beispiel 6 unten) und ein bevorzugter mlc-2 Promotor des erfindungsgemäßen Nukleinsäurekonstruktes, der die herzspezifische Sequenz CSS nicht enthält, seine Spezifität insbesondere in Verbindung mit einem Adenovirusvektor behält. Unter Spezifität im Sinne der vorliegenden Erfindung versteht man daher, daß die mlc-2 Promotor-kontrollierte Expression in Kardiomyozyten, insbesondere im Ventrikel, deutlich höher ist als beispielsweise die mlc-2 Promotor-kontrollierte Expression in Gefäßmuskelzellen, vor allem daß der Unterschied in der Expression ungefähr ein bis ungefähr drei, insbesondere ungefähr drei bis ungefähr sechs, vor allem ungefähr drei bis ungefähr vier Zehnerpotenzen beträgt.

- 14 -

Es war auch überraschend, daß der *mlc-2* Promotor die Expression der Luciferase wesentlich stärker auf das Herz beschränkt als der *αmhc*-Promotor (siehe Beispiel 10 unten). Von besonderem Vorteil ist auch, daß mit dem erfindungsgemäßen Nukleinsäurekonstrukt die herzspezifische Expression nach in vivo Applikation auf die Herzkammer (Ventrikel) beschränkt ist (siehe Beispiel 11 unten), da es hierdurch beispielsweise möglich ist, die Kontraktionskraft des Ventrikels zu steigern.

Die folgenden Abbildungen und Beispiele sollen die Erfindung näher erläutern ohne sie darauf zu beschränken.

#### Beschreibung der Abbildungen

Abb. 1 zeigt eine schematische Darstellung der konstruierten Plasmide *pAd-Luc*, *pAd-rsvLuc*, *pAd-mlcLuc* und *pAd-smmhcLuc*. *Bam*HI, *Kpn*I und *Hind*III bezeichnen die Restriktionsenzym-schnittstellen der entsprechenden Enzyme. ITR bedeutet "Inverted Terminal Repeat",  $\Psi$  die Verpackungssequenz, *mlc-2* der "myosin light chain"-2v-Promotor, Luciferase die Luciferase-kodierende Sequenz, Ad 9.4-18 m.u. die adenovirale Sequenz von 9.4 bis 18 "map units" (1 m. u. = 360 bp) von Adenovirus Typ 5 und *ori/ampR* den "origin of replication" und das Ampicillin-Resistenzgen.

Abb. 2 zeigt die durch homologe Rekombination erhaltenen rekombinanten Adenoviren, die vom Adenovirus del324 abstammen, wobei das Luciferasegen in die ehemalige E1 Region kloniert wurde. Die Expression des Luciferasegens wird entweder durch den *smmhc*-Promotor (*Ad-smmhcLuc*), der für die glatte Gefäßmuskulatur spezifisch ist, den *mlc-2v*-Promotor (*Ad-mlcLuc*) für die Herzmuskel-spezifische Expression, durch den RSV Promotor (*Ad-rsvLuc*) als Positivkontrolle oder durch keinen Promotor (*Ad-Luc*) als Negativkontrolle kontrolliert. Die Abkürzungen sind analog Abb. 1.

Abb. 3A-C zeigen schematische Darstellungen der Luciferaseaktivitäten von Ad-Luc, Ad-rsvLuc Ad-mlcLuc und Ad-smhcluc in verschiedenen Zelllinien. Der dünne Strich auf jeder Säule stellt die mittlere Standardabweichung dar.

Abb. 4A-C zeigen schematische Darstellungen der Luciferaseaktivitäten von Ad-Luc, Ad-rsvLuc und Ad-mlcLuc in verschiedenen primären Zellgeweben. Der dünne Strich auf jeder Säule stellt die mittlere Standardabweichung der Experimente dar.

Abb. 5A-C zeigen die schematische Darstellungen der Luciferaseaktivität von Ad-Luc, Ad-rsvLuc und Ad-mlcLuc in verschiedenen Geweben nach Injektion der rekombinanten Adenoviren in die Herzkammer neonataler Ratten. Der dünne Strich auf jeder Säule stellt die mittlere Standardabweichung der Experimente dar.

Abb. 6A und B zeigen den histologischen Nachweis der  $\beta$ -Galaktosidaseaktivität im Myokard nach intrakavitärer Injektion des rekombinanten Adenovirus AD.RSV $\beta$ gal. Abb. 6A stellt eine Photographie eines histologischen Schnittes durch den Apex (Injektionsstelle) dar. Abb. 6B stellt die Photographie eines histologischen Schnittes durch den linken Ventrikel dar. Der Balken entspricht 100  $\mu$ m.

Abb. 7A-C zeigen den Nachweis adenoviraler DNA in 12 verschiedenen Geweben nach intrakavitärer Injektion der rekombinanten Adenoviren Ad-Luc, Ad-rsvLuc und Ad-mlcLuc.

Abb. 7A zeigt eine Photographie eines 2,4%igen Agarosegels mit dem spezifischen 860 bp PCR Produkt, das durch Amplifikation von abnehmenden Mengen Ad $\Delta$ el324 DNA erzeugt wurde. Als Probe wurden 100 ng genomische DNA der Ratte gemischt mit Ad $\Delta$ el324 DNA eingesetzt: Spur 1: 10 pg; Spur 2: 1 pg; Spur 3: 100 fg; Spur 4: 10 fg; Spur 5: 1 fg; Spur 6: 0,1 fg; Spur 7: keine virale DNA. M entspricht einem DNA-Marker (100 bp Leiter).

Abb. 7B zeigt eine Photographie eines 2,4%igen Agarosegels mit dem spezifischen 860 bp PCR-Produkt, amplifiziert aus 100 ng genomischer DNA, welche aus den angegebenen Geweben nach intrakavitärer Injektion von Ad-Luc, Ad-rsvLuc und Ad-mlcLuc isoliert worden war. Ein PCR Ansatz mit 100 ng genomischer DNA der Ratte gemischt mit 1 pg Addel324 DNA diente als Positivkontrolle, ein Ansatz ohne Addel324 DNA als Negativkontrolle.

Abb. 7C zeigt einen Southern-Blot des Ad-mlcLuc infizierten Tieres gemäß Abb. 7B. Als Sonde wurde das <sup>32</sup>P-markierte 860 bp PCR Produkt aus einem Kontrollansatz verwendet.

Abb. 8A und B zeigen die Luciferaseaktivitäten der rekombinanten Adenoviren Ad- $\alpha$ mhLuc (Abb. 8A) und Ad-mlcLuc (Abb. 8B) nach intrakavitärer Injektion in die linke Hauptkammer neonataler Ratten in verschiedenen Geweben.

Abb. 9A-C zeigen die Luciferaseaktivitäten der rekombinanten Adenoviren Ad-rsvLuc, Ad-mlcLuc, Ad- $\alpha$ mhLuc und Ad-Luc im Atrium (Abb. 9A) und im Ventrikel (Abb. 9B). Das Verhältnis der Aktivitäten im Atrium und im Ventrikel zeigt Abb. 9C. Die Säulen zeigen den Median von vier Experimenten, wobei die Punkte die Ergebnisse für die jeweiligen Versuchstiere bzw. das Verhältnis der Luciferaseaktivität im Ventrikel zum Vorhof repräsentieren.

Abb. 10A-C zeigen die Nukleinsäuresequenz eines 2216 Basenpaar-langen stromaufwärts vom Transkriptionsstartpunkt (+1) gelegenen Promotors des MLC-2v Gens der Ratte. Die Nukleinsäuren von Position 1-156 kodieren für die Verpackungssequenz  $\Psi$  des Adenovirus Ad5 (Position 300-456). Die Klonierungssequenz für die Restriktionsendonuklease BamHI befindet sich an Position 158-163 und für KpnI an der Position 189-194. Von Position 189-2405 befindet sich der 2216 Basenpaar-lange Promotor des MLC-2v Gens. Die CSS-ähnliche Sequenz befindet sich an der Position 682-724, das

HF-3 Element an der Position 2207-2219, das MLE1 Element an der Position 2229-2241, das HF-2 Element an der Position 2271-2289, das E-Box Element an der Position 2328-2333, das HF-1a Element an der Position 2340-2348, das HF-1b Element an der Position 2349-2361 und der Transkriptionsstart (+1) an der Position 2406. Die Luciferase-kodierende Sequenz beginnt bei Position 2461. An der Position 1660-2406 liegt die 746 Basenpaar-lange regulatorische Sequenz des Plasmids pAd-mlcLuc (siehe Beispiel 1).

### Beispiele

#### 1. Herstellung der rekombinanten Plasmide pAD-Luc, pAd-rsvLuc, pAd-mlcLuc, pAd-smmhLuc und pAd $\alpha$ mhLuc

Die Plasmide pAD-Luc, pAd-rsvLuc, pAd-mlcLuc, pAd-smmhLuc (Abb. 1) und pAd $\alpha$ mhLuc sind Derivate des Plasmids pAd.RSV $\beta$ gal (Stradtford-Perricaudet, L. D., J. (1992) Clin. Invest. 90, 626-630), in dem die BamHI-KpnI RSV- $\beta$ gal-Kassette ("Rous Sarcoma Virus"-Promotor und  $\beta$ -Galaktosidase-Reportergen) gegen die Luciferase cDNA mit ihrem endogenen Polyadenylierungssignal entweder ohne Promotor (pAD-Luc), mit dem RSV-Promotor (pAD-RSV-Luc), dem mlc-2v-Promotor (pAd-mlcLuc), dem "smooth muscle myosin heavy chain"-Promotor (pAd-smmhLuc) oder dem " $\alpha$ -myosin heavy chain"-Promotor (pAd $\alpha$ mhLuc) ausgetauscht ist. Hierfür wurde das HindIII/KpnI Fragment des Plasmids pSVOAL, welches für das Luciferasegen kodiert, 5' in die HindIII/KpnI Klonierungsschnittstellen des Vektors pBluescriptSK (Stratagene) subkloniert und dadurch das Plasmid pBluescript-Luc erzeugt (Wet, J. R. et al. (1987) Mol. Cell. Biol. 7, 725-735). Das BamHI/KpnI Luciferasefragment des Subklons pBluescript-Luc wurde anschließend in die BamHI/KpnI Schnittstellen des Plasmids pAd.RSV- $\beta$ gal kloniert und dadurch das Plasmid pAd-Luc erzeugt.



Für die Klonierung des Plasmids pAD-rsvLuc wurde das BamHI/HindIII RSV-Fragment (587 bp) des Plasmids pAD.RSV- $\beta$ gal in die BamHI/HindIII Schnittstellen des Subklons pBlu script-Luc kloniert und dadurch das Plasmid pBluescript-RSV-Luc erzeugt. Anschließend wurde das BamHI/KpnI RSV-Luciferase-Fragment des Plasmids pBluescript-RSV-Luc in die BamHI/KpnI Schnittstellen von pAd.RSV- $\beta$ gal kloniert und dadurch das Plasmid pAd-rsvLuc erzeugt.

Zur Herstellung des Plasmids pAD-mlcLuc wurde das BamHI/KpnI mlc-Luciferasefragment (746 Basenpaar-langer "myosin light chain"-2v-Promotor gemäß Abb. 10 und 1.8 kb Luciferasegen) aus dem Plasmid pMLCL $\Delta$ 5' direkt in die BamHI/KpnI Schnittstellen des Plasmids pAd-RSV $\beta$ gal kloniert (Henderson, S. A. et al. (1989) J. Biol. Chem. 264, 18142-18148). Hierzu wurde das mlc-2/Luciferase Fusionskonstrukt an den Restriktionsenzymchnittstellen KpnI herausgeschnitten, die überhängenden Enden in einer sogenannten "Klenow-Reaktion" aufgefüllt und an beiden Enden PvuII-Linker ligiert. Anschließend wurde das 4,0 kb lange mlc-2/Luciferase-DNA Fragment in Analogie zu dem rekombinanten Plasmid pAd.RSV $\beta$ gal in die PvuII-Schnittstelle am 3'-Ende der 1,3 m.u. Region des Adenovirus Typ 5 (Ad 5) Genoms gekoppelt.

Zur Herstellung des Plasmids pAd-smmhcLuc wurde das 1,2 kb große BamHI/HindIII smmhc-Fragment (Kaninchen "smooth muscle myosin heavy chain" Promotor/-1225/-4) aus dem Plasmid pRBSMHC-1225 $\beta$ gal (Kallmeier, R.C. et al. (1995) J. Biol. Chem. 270, 30949-30957) isoliert und in den BamHI/HindIII geöffneten Subklon pBluescript-Luc vor das Luciferasegen kloniert und dadurch der Subklon p1.2smmhcBluescript-Luc konstruiert. Das BamHI/KpnI smmhc-Luciferase-Fragment dieses Subklons wurde anschließend in die BamHI/KpnI Schnittstellen des Plasmids pAd-RSV $\beta$ gal kloniert und das Plasmid pAd-smmhcLuc erzeugt.

Die Herstellung des Plasmids pAd- $\alpha$ mhcLuc, das den " $\alpha$ -myosin heavy chain"-Promotor enthält (Subramaniam, A. et al. (1991)

J. Biol. Chem., 266, 24613-24620), wurde ein 1064 bp großes BamHI/HindIII Fragment in die BamHI/HindIII Schnittstellen des Plasmids pBluescript-Luc kloniert. Anschließend wurde daraus ein BamHI/KpnI mhc-Luciferase Fragment in die BamHI/KpnI Schnittstellen des Plasmids pAd.RSV- $\beta$ gal kloniert und dadurch das Plasmid pAd- $\alpha$ mhcLuc erhalten.

## 2. Herstellung der rekombinanten Adenoviren

Die rekombinanten Adenoviren wurden nach Standardmethoden durch homologe Rekombination zwischen den Plasmiden pAd-Luc, pAd-rsvLuc, pAd-mlcLuc, pAd-smmhcLuc und pAd- $\alpha$ mhcLuc und der genomischen DNA von Adenovirus del324 (Ad5) in 293-Zellen in vivo erzeugt (Thimmappaya, B. et al. (1982) Cell 31, 543-551 und Stradtford-Perricaudet, L. D. et al. (1992), supra und Graham, F. L. et al. (1977) J. Gen. Virol. 36, 59-74). Die rekombinanten Adenoviren besitzen eine Deletion in der E3 Region und die Transgene Luc, RSV-Luc, mhcLuc, pAd-smmhcLuc und pAd- $\alpha$ mhcLuc substituieren die E1 Region. Am Tag vor der Transfektion wurden  $2 \times 10^6$  293-Zellen in eine kleine Zellkulturschale ausplattiert. 5  $\mu$ g des großen ClaI-Fragments der genomischen DNA von Ad5 wurden zusammen mit 5  $\mu$ g der AatII linearisierten Plasmide pAd-Luc, pAd-RSV-Luc, pAd-mlcLuc, pAd-smmhcLuc und pAd- $\alpha$ mhcLuc nach der Kalziumphosphatmethode in 293-Zellen kotransfiziert. Nach Überschichten mit Weichagar (1% SeaPlaque Agarose, 1xMEM, 2% FCS, 100 U/ml Penicillin, 0,1  $\mu$ g/ml Streptomycin, 2 mM L-Glutamin) und 8-10 Tagen Inkubation bei 37 °C und 5% CO<sub>2</sub> wurden virale Plaques ausgestanzt und auf 293-Zellen klonal vermehrt. Aus  $2 \times 10^6$  vollständig infizierten 293-Zellen wurde die virale DNA der rekombinanten Viren isoliert und durch Hydrolyse mit Restriktionsendonukleasen auf die korrekte Integration des Transgens untersucht. Von den positiven viralen Klonen wurde erneut eine Einzelplaquereinigung durchgeführt bevor sie in 293-Zellen für eine Großaufarbeitung vermehrt und durch zweimalig Caesium-Chlorid-Dichtegradientenzentrifugation gereinigt wurden.

(Stradtford-Perricaudet, L. D., 1992, supra). Schließlich wurden die Viren gegen TD-Puffer (137 mM NaCl, 5 mM KCl, 0,7 mM Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,5 mM CaCl<sub>2</sub>, 1 mM MgCl<sub>2</sub>, 10% (v/v) Glycerin, 25 mM Tris-HCl, pH 7,4) dialysiert und bei -72°C eingefroren. Zur Bestimmung der Titer der rekombinanten Adenoviren wurde der "Plaque Assay" unter Verwendung von 293-Zellen durchgeführt. Alle rekombinanten Adenoviren hatten einen Titer von etwa 10<sup>11</sup> "plaque forming units" (p.f.u.)/ml. Die DNA der viralen Stammlösungen wurde isoliert und durch eine Analyse mittels Restriktionsendonukleasen und PCR auf die korrekte Integration der Inserts untersucht. Ferner wurden die viralen Stammlösungen mittels PCR auf dem Wildtyp Ad-5 untersucht, wobei in 50 ng der adenoviralen DNA keine Kontamination nachweisbar war (Zang, W. W. et al. (1995) BioTechniques 18, 444-447).

### 3. Luciferase-Bestimmung

Für die in vitro Studien wurden die Zellen 48 Stunden nach der Infektion geerntet. Anschließend wurde die Luciferaseaktivität in Proteinextrakten nach etablierten Protokollen mittels Transilluminometer Lumat LB 9501 (Bertold, Wildbad) bestimmt (Ausubel, F. M. et al. (1989) Current Protocols in Molecular Biology. Greene and Wiley, New York). Die Proteinkonzentration der Lysate wurde nach Bradford (1976) bestimmt (BioRad, München). Die Luciferaseaktivität wurde in pg Luciferase pro µg Protein umgerechnet (Krougliak, V. & Graham, F. L. (1995) Hum. Gene Ther. 6, 1575-1586 und Franz, W. M. et al. (1993) Circ. Res. 73, 629-638).

Für die in vivo Studien wurden die Ratten 5 Tage nach Injektion dekapitiert. Zwölf verschiedene Gewebe (Interkostalmuskel, Herz, Thymus, Lunge, Diaphragma, Bauchmuskel, Leber, Magen, Milz, Niere, Quadriceps femoris, Gehirn) wurden entnommen und sofort in flüssigem Stickstoff eingefroren. Anschließend wurden die Gewebeproben gewogen, in

200 µl Lysepuffer (1% (v/v) Triton X-100, 1 mM DTT, 100 mM Kaliumphosphat pH 7,8) aufgenommen, in einem Glashomogenisator aufgeschossen und für 15 Minuten bei 4°C in einer Kühlzentrifuge zentrifugiert. Der Überstand wurde für die Luciferase-Bestimmung eingesetzt (Acsadi, G. et al. (1994) Hum. Mol. Gen. 3, 579-584 und Ausubel, F. M. (1989), supra). Hierzu wurden die Substrate Luciferin und ATP hinzugegeben und die Lichtemission, die proportional zu der Luciferaseaktivität ist, bei 560 nm photometrisch in einem Transilluminometer gemessen. Die Luciferaseaktivität wurde in "relative light units" (RLU)/mg Gewebe-Naßgewicht nach Abzug der Hintergrundsaktivität, die für die verschiedenen Gewebe in nicht-infizierten Tieren ermittelt wurde, angegeben.

#### 4. β-Galaktosidase-Bestimmung

Die Herzen neonataler Ratten wurden in Stickstoff-gekühltem Isopentan eingefroren und bei -70 °C gelagert. Das Herzgewebe wurde in O. C. T. (Tissue Tek, Miles, USA) Einfriermedium eingebettet und 10 µm Gewebeschnitte mit einem Kryostat (Frigocut 2800 E, Leica) angefertigt. Anschließend wurden die Schnitte 10 Minuten in Lösung A fixiert (PBS, 0,2% (v/v) Glutaraldehyd, 5 mM EDTA, 2 mM MgCl<sub>2</sub>), 3x10 Minuten mit Lösung B gewaschen (PBS, 0,01% (v/v) Natrium-Desoxycholat, 0,02% (v/v) Nonidet P40, 5 mM EDTA, 2 mM MgCl<sub>2</sub>) und über Nacht bei 37 °C in Lösung C gefärbt (Lösung B + 1 mg/ml X-Gal, 5 mM K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>, 5 mM K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>). Anschließend wurde einmal mit Lösung B und einmal mit destilliertem Wasser für 10 Minuten gewaschen. Eine schwache Gegenfärbung mit Hämatoxylin und Eosin sowie das Dehydrieren und Einbetten der Proben erfolgte nach Standardprotokollen (Gossler, A. & Zachgo, J. (1993) "Gene and enhancer trap screens in ES cell chimeras" in Joyner, A. L. (ed.) Gene Targeting, Oxford University Press, 181-225).

## 5. Nachweis adenoviraler DNA mit Hilfe der PCR-Method

Parallel zu den Luciferase-Bestimmungen gemäß Beispiel 3 wurde die genomische DNA aus den Sedimenten der Gewebekomogenate der mit Adenoviren infizierten neonatalen Ratten unter Verwendung des QIAamp Tissue Kit (Fa. Quiagen, Hilden) nach Herstellerangaben extrahiert. Jeweils zwei der mit Ad-Luc, Ad-RSV-Luc und Ad-mlcLuc infizierten Tiere wurden auf die Gewebeverteilung der injizierten Viren durch die PCR (Polymerasekettenreaktion) zum Nachweis der adenoviralen DNA untersucht (Zhang, W. W. (1995) BioTechniques 18, 444-447). Hierzu wurden 100 ng genomische DNA als Probe zusammen mit 40 ng der Oligonukleotide E2B-1 und E2B-2 und 1,25 U Taq Polymerase von Promega in einem Reaktionsvolumen von 25 µl eingesetzt. Die Gelelektrophorese des spezifischen PCR Produktes ergab eine 860 bp Bande.

Die Sensitivität der PCR wurde in Vorversuchen bestimmt. Hierzu wurden 100 ng genomische DNA einer nicht infizierten Ratte mit abnehmenden Mengen AdDel324 DNA gemischt und in einer PCR-Reaktion als Probe eingesetzt. Um die Sensitivität des Nachweises der PCR zu erhöhen, wurden die PCR Produkte auf eine GeneScreenPlus Nylonmembran (NEN, Boston, Massachusetts) durch Kapillarblot transferiert und anschließend durch Southernblot-Hybridisierung nachgewiesen (Ausubel, F. M. et al. (1989), supra). Als Sonde wurde das durch PCR amplifizierte adenovirale 860 bp DNA-Fragment der Positivkontrolle eingesetzt. Das PCR-Produkt wurde aus dem Gel gereinigt und durch "random hexanucleotide prime" mit <sup>32</sup>P radioaktiv markiert und als Probe für die Hybridisierung verwendet. Die Sensitivität des PCR-Nachweises konnte auf diese Weise um den Faktor 10 bis 100 verbessert werden.

## 6. Infektion von Zelllinien (in vitro)

A10- (glatte Muskel-Zelllinie der Ratte), H9c2- ((Herzmyoblasten-Zelllinie der Ratte) und HeLa- (menschliche

Zervixkarzinom-Zelllinie) Zellen wurden in "Dulbecco's modified Eagle's medium" (DMEM), 293-Zellen in MEM komplementiert, mit 10% fötalem Kälberserum (FCS), 100 U/ml Penicillin, 0,1 µg/ml Streptomycin und 2 mM L-Glutamin kultiviert. Einen Tag vor der Infektion wurden  $1 \times 10^5$  Zellen der etablierten Zelllinien H9c2, A10 und HeLa in Triplika auf "12 well" Kulturschalen ausplattiert. Die Zellen wurden in 0,2 ml des jeweiligen serumfreien Mediums, das die rekombinanten Adenoviren Ad-Luc, Ad-RSVLuc, Ad-mlcLuc und Ad-smmhcLuc in einer "multiplicity of infection" (m. o. i.) von 10 enthielt inkubiert (10 Viren/Zelle). Nach 1 Stunde Inkubation bei 37 °C mit leichtem Schwänken wurden alle 15 Minuten 2 ml des jeweiligen komplettierten Mediums zugegeben. Alle Infektionsexperimente wurden 4mal wiederholt. Drei Tage nach den Infektionen wurden die Luciferase-Aktivitäten, wie oben beschrieben, gemessen.

Die Ergebnisse der Experimente sind schematisch in der Abb. 3 dargestellt. Man erkennt, daß bei allen untersuchten Zelllinien die Luciferaseaktivität des Adenovirus Ad-mlcLuc geringer ist als die negative Kontrolle mit dem promotorlosen Adenovirus Ad-Luc. Ad-smmhcLuc zeigt in der HeLa-Zelllinie eine erhöhte Aktivität und Ad-rsvLuc zeigt als positive Kontrolle in allen untersuchten Zelllinien die höchste Luciferaseaktivität.

#### 7. Infektion von primären Zellen in Gewebekultur (in vitro)

Primäre neonatale Rattenkardiomyozyten von 2 bis 3 Tage alten Tieren wurden wie von Sen, A. et al. (1988) J. Biol. Chem. 263, 19132-19136 beschrieben, präpariert und kultiviert. Einen Tag vor der Infektion wurden  $2 \times 10^5$  frisch präparierte neonatale Kardiomyozyten in Triplika auf "12 well" Kulturschalen ausplattiert. Die Zellen wurden in 0,2 ml des jeweiligen serumfreien Mediums, das die rekombinanten Adenoviren Ad-Luc, Ad-RSVLuc, Ad-mlcLuc und Ad-smmhcLuc in einer "multiplicity of infection" (m. o. i.) von 10 enthielt

- 24 -

inkubiert (10 Viren/Zelle). Nach 1 Stunde Inkubation bei 37 °C unter leichtem Schwänken wurden alle 15 Minuten 2 ml des jeweiligen komplettierten Mediums zugegeben. Alle Infektionsexperimente wurden 4mal wiederholt. In analoger Weise wurden primäre neonatale und adulte glatte Muskelzellen der Ratte infiziert.

Die Ergebnisse der Experimente sind schematisch in der Abb. 4 dargestellt. Man erkennt, daß nur in neonatalen Kardiomyocyten die Luciferaseaktivität des rekombinanten Adenovirus Ad-mlcLuc höher ist als die negative Kontrolle mit dem Adenovirus Ad-Luc, jedoch geringer als die positive Kontrolle mit dem Adenovirus Ad-rsvLuc, aber 300-900mal höher als in glatten Gefäßmuskelzellen. Man erkennt ferner, daß die Luciferaseaktivität von Ad-mlcLuc 129mal höher ist als die von Ad-smhLuc. Daraus folgt, daß der mlc-2 Promotor in neonatalen Kardiomyozyten aktiv ist, während die erwartete Aktivität des smh-Promotors in neonatalen und adulten glatten Muskelzellen ausblieb.

#### 8. Intracavitäre Injektion rekombinanter Adenoviren in die linke Herzhöhle von neonatalen Ratten

Alle Injektionen wurden an spezifisch pathogenfreien 2-3 Tage alten Sprague Dawley Ratten (CRWiga, Sulzfeld) durchgeführt. Vor den Injektionen wurden die neonatalen Ratten durch 3-5 minütiger Inhalation mit Methoxyfluran (Metofane, Janssen GmbH) narkotisiert.  $2 \times 10^9$  "plaque forming units" (p.f.u.) der rekombinanten Adenoviren Ad-Luc, Ad-rsvLuc und Ad-mlcLuc wurden in einem Volumen von 20 µl mittels einer Tuberkulinspritze (27,5 gauge) injiziert. Die Injektion erfolgte durch direkte Punktion der Herzkammer durch den Brustkorb lateral im 4. Interkostalraum. Durch Aspiration von Herzblut wurde sichergestellt, daß die Nadelspitze intrakavitär positioniert war. Eine langsame Injektion der Viren (20 µl/min) wurde durch einen Aufsatz für Tuberkulinspritzen erreicht. Die Injektion der rekombinanten

Adenoviren in Quadriceps femoris wurde entsprechend durchgeführt.

Fünf Tage nach der Injektion wurde die Luciferaseaktivität in zwölf verschiedenen Geweben (Interkostalmuskel, Herz, Thymus, Lunge, Diaphragma, Bauchmuskel, Leber, Magen, Milz, Niere, Gehirn und Quadriceps femoris) bestimmt. Die ermittelte Luciferaseaktivität in RLU/mg Gewebe wird in Abb. 5 zusammengefaßt. Adenovirus AD-mlcLuc, der den Herzmuskel-spezifischen mlc-2v Promotor trägt, zeigte eine Luciferaseaktivität, die auf den Herzmuskel beschränkt blieb (Abb. 5c). Die Injektion der Positivkontrolle Ad-rsvLuc zeigte die höchste Luciferaseaktivität im Interkostalmuskel, im Herzen und eine starke Luciferaseaktivität in der Lunge, Thymus und Diaphragma (Abb. 5b). Im Ad-Luc injizierten Tier wurde eine geringe Luciferaseaktivität im Interkostalmuskel, Herz, Thymus und Diaphragma gemessen (Abb. 5a). Im Herzen war die Ad-mlcLuc induzierte Luciferaseaktivität 17 mal höher als die von Ad-Luc, während in allen anderen Geweben die Luciferaseaktivität von Ad-Luc und Ad-mlcLuc vergleichbar stark war. Damit wurde gezeigt, daß Ad-mlcLuc spezifisch im Herzen aktiv ist.

Die Verteilung infizierter Herzmuskelzellen nach Injektion von Adenoviren in die Herzkammer neonataler Ratten wurde in Vorexperimenten durch die Injektion des rekombinanten Adenovirus Ad-rsv $\beta$ gal zusätzlich überprüft. Das rekombinante Adenovirus Ad-rsv $\beta$ gal exprimiert die  $\beta$ -Galaktosidase als Reportergen unter Kontrolle des "Rous Sarcoma Virus" (rsv) Promotors. Fünf Tage nach der Injektion erfolgte die Sektion des Tieres und die Expression der  $\beta$ -Galaktosidase wurde nach Färbung des Transgens bestimmt. In den histologischen Schnitten sind infizierte Zellen durch Blaufärbung des Kerns zu erkennen. Etwa die Hälfte der myokardialen  $\beta$ -Galaktoseaktivität zeigte sich im Bereich der Einstichstelle in die Herzkammer. Entlang des Kanals der Injektionsnadel fand sich in fast allen Kardiomyozyten  $\beta$ -Galaktosidaseaktivität (Abb. 6a), wohingegen im restlichen



Myokard die Anzahl der infizierten Kardiomyozyten gering war (Abb. 6b).

#### 9. Injektion rekombinanter Adenoviren in die Oberschenkelmuskulatur neonataler Ratten

Um die Aktivität des mlc-2v Promotors im Skelettmuskel zu untersuchen, wurden 20 µl mit  $2 \times 10^9$  "plaque forming units" (p.f.u.) der drei rekombinanten Adenoviren Ad-Luc, Ad-rsvLuc und Ad-mlcLuc in den rechten Oberschenkelmuskel Quadriceps femoris neonataler Ratten injiziert. Fünf Tage nach der Injektion wurde die Luciferaseaktivität bestimmt. Ad-Luc und Ad-mlcLuc zeigten vergleichbar geringe Luciferaseaktivitäten (RLU/mg Gewebe) im injizierten Muskel, während Ad-rsvLuc sehr stark aktiv war (Tab. 1). Die Luciferaseaktivität, erzielt durch Ad-mlcLuc, betrug 0,05% der Luciferaseaktivität von Ad-rsvLuc. Diese Daten zeigen, daß Ad-mlcLuc im Skelettmuskel nicht aktiv ist und bestätigen die Herzmuskel-spezifische Genexpression durch den rekombinanten Adenovirus Ad-mlcLuc.

	Ad-Luc	Ad-rsvLuc	Ad-mlcLuc
RLUx10 <sup>-3</sup> /mg	3,4+/-1,2	5670+/-3239	2,8+/-1,8

Tab. 1

#### 10. Nachweis adenoviraler DNA in Geweben nach Injektion rekombinanter Adenoviren in die Herzkammer

Um das Ausmaß der Infektion von Nicht-Herzgewebe nach Injektion der rekombinanten Adenoviren in die Herzkammer zu bestimmen, wurde die genomische DNA aus 12 Geweben (Interkostalmuskel, Herz, Thymus, Lunge, Diaphragma, Bauchmuskel, Leber, Magen, Milz, Niere, Gehirn, Quadriceps

femoris) isoliert und die Präsenz der ad noviralen DNA in diesen Geweben durch die PCR bestimmt. Es wurden die Gewebe von jeweils zwei mit Ad-Luc, Ad-rsvLuc und Ad-mlcLuc infizierten Tieren untersucht. In Vorexperimenten wurde die Sensitivität des Nachweises adenoviraler DNA bestimmt, indem 100 ng genomischer DNA von nicht infizierten Ratten mit abnehmenden Mengen adenoviraler DNA Adde1324 (von 10 pg bis 0,1 fg) vermischt und anschließend mittels PCR untersucht wurden. Hierbei zeigte sich, daß 10 fg der adenoviralen DNA Adde1324 in 100 ng genomischer DNA nicht infizierter Tiere noch nachgewiesen werden konnten. Dies entspricht 0,017 adenoviralen Genomen pro Zelle (Abb. 7A). In mit Adenovirus infizierten Tieren wurde die virale DNA regelmäßig im Interkostalmuskel, Herz, Thymus, Lunge, Diaphragma und Leber nachgewiesen (Abb. 4B). Um die Sensitivität des Nachweises der adenoviralen DNA zu steigern, wurden die PCR-Produkte auf eine Nylon-Membran überführt und durch Southern-Blot-Hybridisierung nachgewiesen. Dies zeigte, daß die adenovirale DNA in geringeren Mengen auch in den anderen Geweben mit geringen Unterschieden zwischen den einzelnen Tieren nachgewiesen werden kann. In Abb. 4C wird ein repräsentativer Southern-Blot für ein Ad-mlcLuc injiziertes Tier gezeigt.

Die beschriebenen Experimente zeigen, daß die Genexpression des rekombinanten Adenovirus Ad-mlcLuc auf den Herzmuskel-spezifischen mlc-2v Promotor und nicht auf eine lokal erhöhte Viruskonzentration zurückzuführen ist.

#### 11. Vergleich der spezifischen Aktivität des mlc-Promotors mit dem $\alpha$ mhc-Promotor

Nach intrakavitärer Injektion von ca.  $2 \times 10^9$  "plaque forming units" der rekombinanten Adenoviren Ad- $\alpha$ mhcLuc (Abb. 8A) und Ad-mlcLuc (Abb. 8B) in die linke Hauptkammer neonataler Ratten konnte für beide Adenoviren die höchste Luciferaseaktivität im Herzen nachgewiesen werden. Jedoch ist der rekombinante Adenovirus Ad-mlcLuc 3-4 mal aktiver im

Herzen als Ad-mhcLuc. Zudem ist der rekombinante Adenovirus Ad-mhcLuc in der Niere, der Milz, der Leber, der Diaphragma, der Lunge und dem Interkostalmuskel aktiver als Ad-mlcLuc. Daraus folgt, daß der mhc-2 Promotor im adenoviralen Vektorsystem die Expression der Luciferase wesentlich stärker auf das Herz beschränkt als der  $\alpha$ mhc-Promotor und zusätzlich ist der mhc-2 Promotor im Herzen 3-4mal aktiver als der  $\alpha$ mhc-Promotor.

## 12. Nachweis der Ventrikel-spezifischen Expression

$2 \times 10^9$  "plaque forming units" der rekombinanten Adenoviren Ad-rsvLuc, Ad-mlcLuc, Ad-mhcLuc und Ad-Luc wurden in einem Volumen von 20-40  $\mu$ l in den linken Ventrikel neonataler Ratten injiziert. Die Gewebe wurden fünf Tage nach der Injektion analysiert. In vier unabhängigen Experimenten konnte gezeigt werden, daß nur für den rekombinanten Adenovirus Ad-mlcLuc eine auf den Ventrikel beschränkte Genexpression gemessen werden kann (Abb. 9). Das Verhältnis der Luciferaseaktivität von Ad-mlcLuc im Ventrikel zum Atrium betrug ca. 30, während es für alle anderen Viren das 1-2fache betrug (Abb. 9C).

Patentansprüche

1. Getherapeutisches Nukleinsäurekonstrukt enthaltend eine regulatorische Nukleinsäuresequenz vom 5'-Ende des Myosin-Leichte-Ketten-2 Gens (MLC-2) des Herzens, die funktionell mit einer Nukleinsäure verbunden ist, die für ein therapeutisch wirksames Genprodukt, für eine antisense Nukleinsäure oder für ein Ribozym kodiert.
2. Nukleinsäurekonstrukt nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte regulatorische Nukleinsäuresequenz vom Herzen eines Säugetiers, insbesondere vom Menschen oder von einem Nager, vor allem von einer Ratte abstammen.
3. Nukleinsäurekonstrukt nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte regulatorische Nukleinsäuresequenz die Nukleinsäuren von den Positionen von ungefähr +18 bis -19 bis ungefähr -800, vor allem von ungefähr +18 bis -19 bis ungefähr -1600 und insbesondere von ungefähr +18 bis -19 bis ungefähr -1800, vor allem von ungefähr +18 bis -19 bis ungefähr -2100 oder von ungefähr +18 bis -19 bis ungefähr -2700 bezogen auf den Transkriptionsstartpunkt des Myosin-Leichte-Ketten-2 Gens (MLC-2) des Herzens umfassen.
4. Nukleinsäurekonstrukt nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte regulatorische Nukleinsäuresequenz das HF-1a Element, das HF-1b Element, das MLE1 Element und das HF-3 Element umfassen.
5. Nukleinsäurekonstrukt nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte regulatorisch Nukleinsäuresequenz zusätzlich das E-Box Element und/oder das HF-2 Element umfassen.

6. Nukleinsäurekonstrukt nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte regulatorische Nukleinsäuresequenz zusätzlich die CSS Sequenz umfaßt.
7. Nukleinsäurekonstrukt nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß die Nukleinsäuresequenz eine DNA- oder RNA-Sequenz, vorzugsweise eine DNA-Sequenz ist.
8. Nukleinsäurekonstrukt nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte DNA- oder RNA-Sequenz in einem Virusvektor enthalten ist.
9. Nukleinsäurekonstrukt nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte DNA-Sequenz in einem Adenovirusvektor oder Adeno-assoziierten Virusvektor, vorzugsweise in einem Adenovirusvektor enthalten ist.
10. Nukleinsäurekonstrukt nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Adenovirusvektor ein replikationsdefizienter Adenovirusvektor ist.
11. Nukleinsäurekonstrukt nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Adeno-assoziierte Virusvektor ausschließlich aus zwei invertierten terminalen Wiederholungssequenzen (ITR) besteht.
12. Nukleinsäurekonstrukt nach einem der Ansprüche 1-11, dadurch gekennzeichnet, daß das therapeutische Genprodukt ausgewählt ist aus Dystrophin,  $\beta$ -adrenergischer Rezeptor oder Stickstoffmonoxid-Synthase.
13. Nukleinsäurekonstrukt nach einem der Ansprüche 1-12, dadurch gekennzeichnet, daß die Nukleinsäure, die für ein therapeutisch wirksames Genprodukt kodiert, eine oder mehrere nicht-kodierende Sequenzen und/oder eine polyA Sequenz enthält.

14. Verfahren zur Herstellung eines Nukleinsäurekonstruktes gemäß einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte regulatorische Nukleinsäuresequenz funktionell mit einer Nukleinsäure verbunden wird, die für ein therapeutisch wirksames Genprodukt, für eine antisense Nukleinsäure oder für ein Ribozym kodiert.
15. Verfahren gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte Nukleinsäuresequenz zusätzlich in einen Virusvektor gemäß einem der Ansprüche 8-11 kloniert wird und/oder mit Liposomen komplexiert wird.
16. Verwendung eines Nukleinsäurekonstruktes gemäß einem der Ansprüche 1-13 zur Herstellung eines Arzneimittels zur gentherapeutischen Behandlung einer Herzerkrankung.
17. Verwendung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei der Herzerkrankung um die Herzinsuffizienz, dilatative oder hypertrophe Kardiomyopathie, Dystrophinopathie, Gefäßerkrankungen, Bluthochdruck, Arteriosklerose, Stenose und/oder Restenose der Blutgefäße handelt.
18. Verwendung nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß das genannte Arzneimittel im wesentlichen in der Herzkammer wirkt.
19. Arzneimittel enthaltend ein Nukleinsäurekonstrukt gemäß einem der Ansprüche 1-13 und gegebenenfalls einen pharmazeutisch annehmbaren Träger.

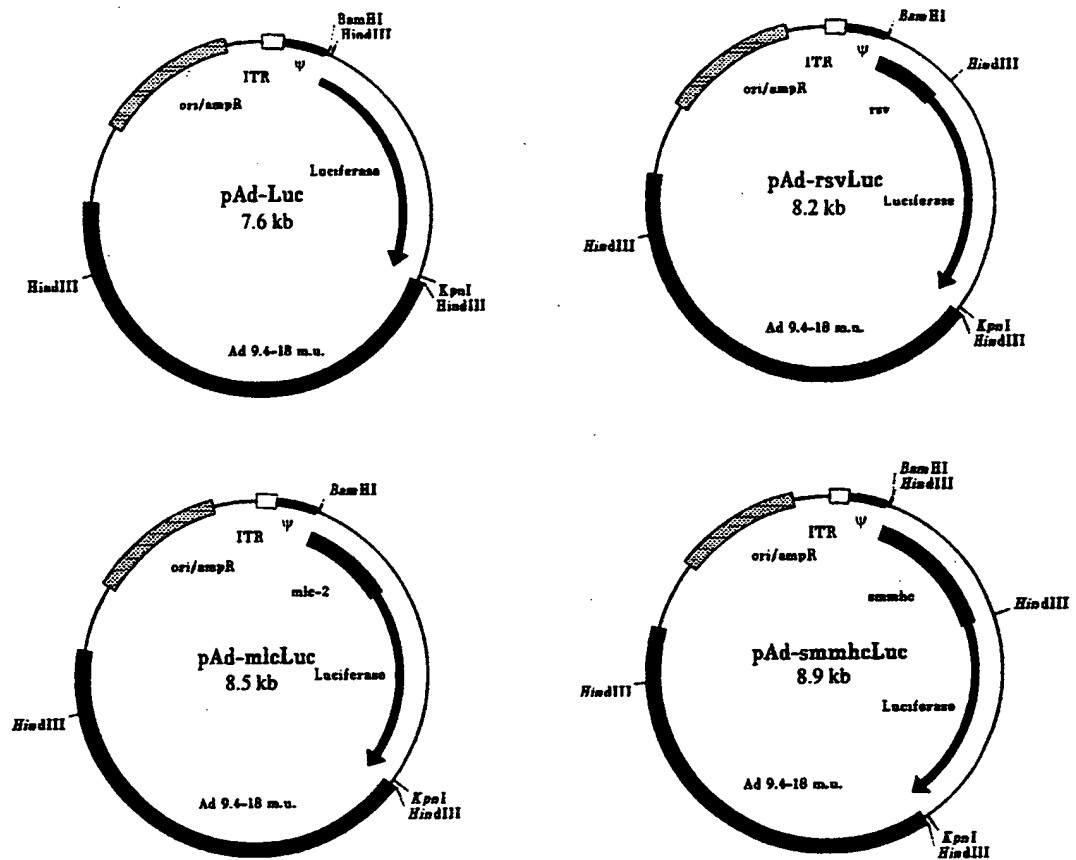


Abb. 1

2/12

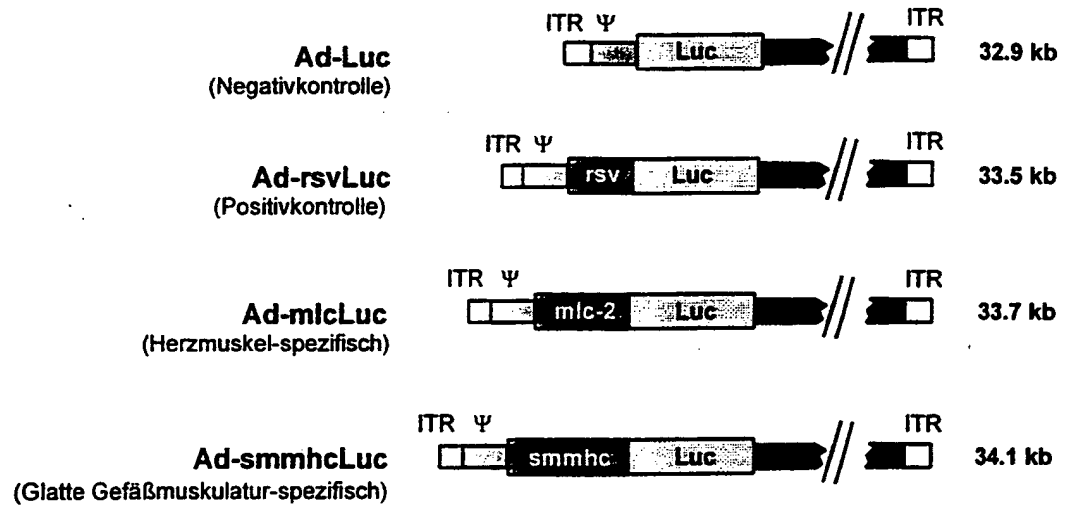


Abb. 2



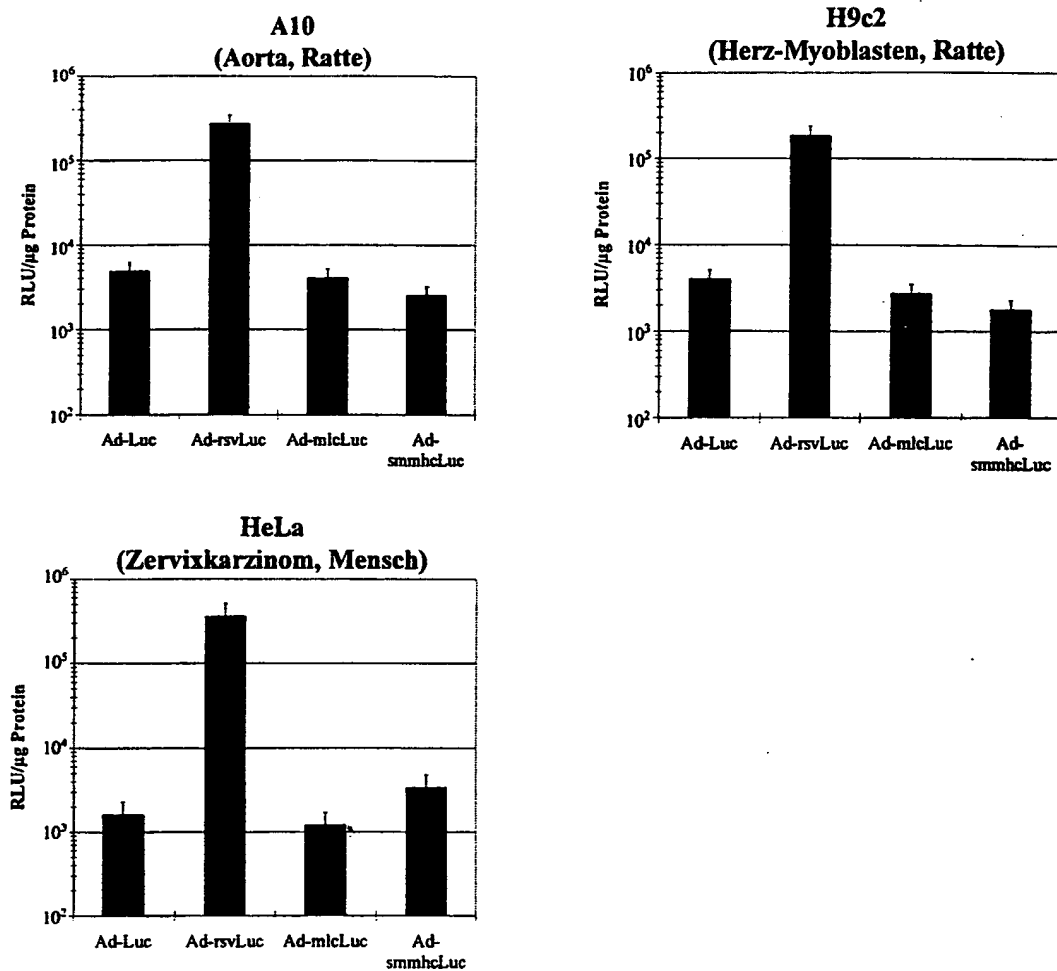


Abb. 3

4/12

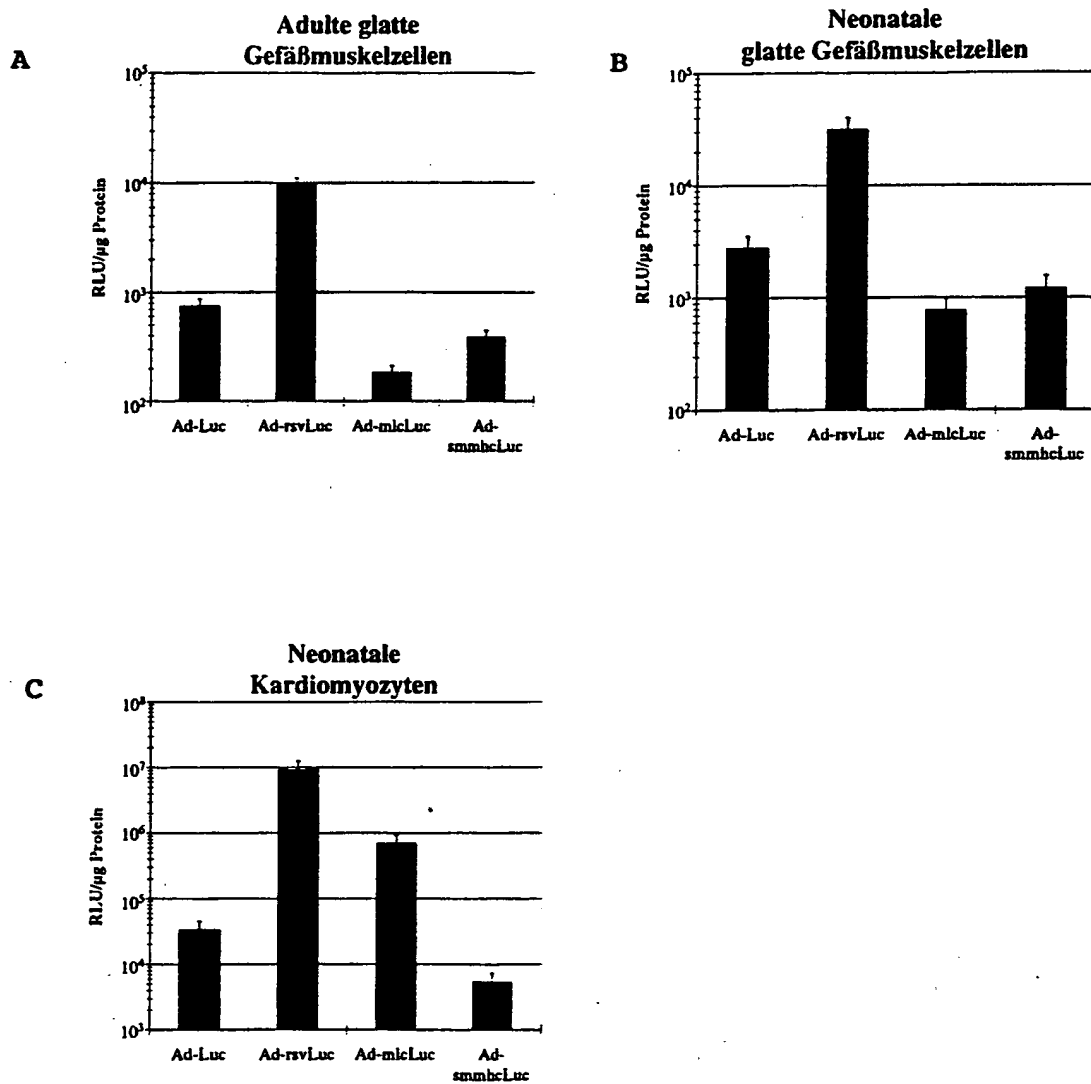


Abb. 4

5/12

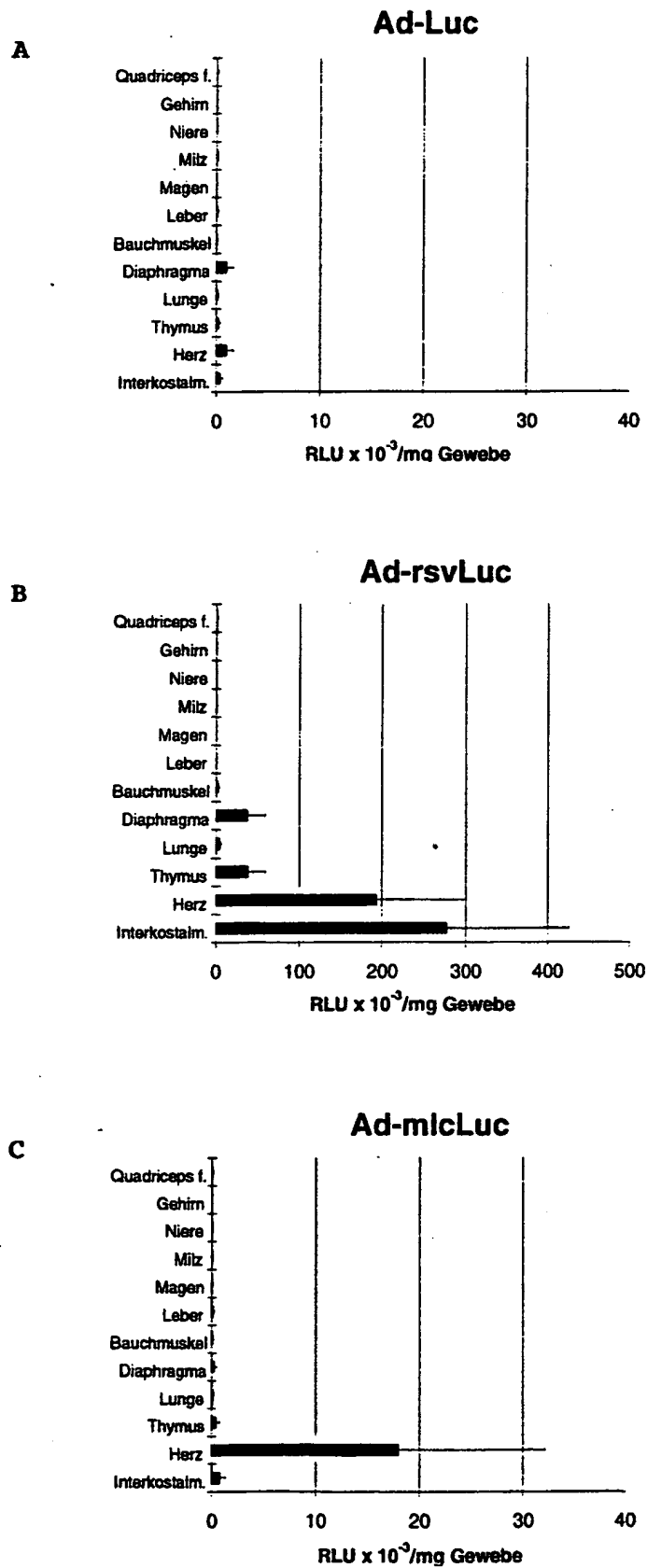


Abb. 5

6/12

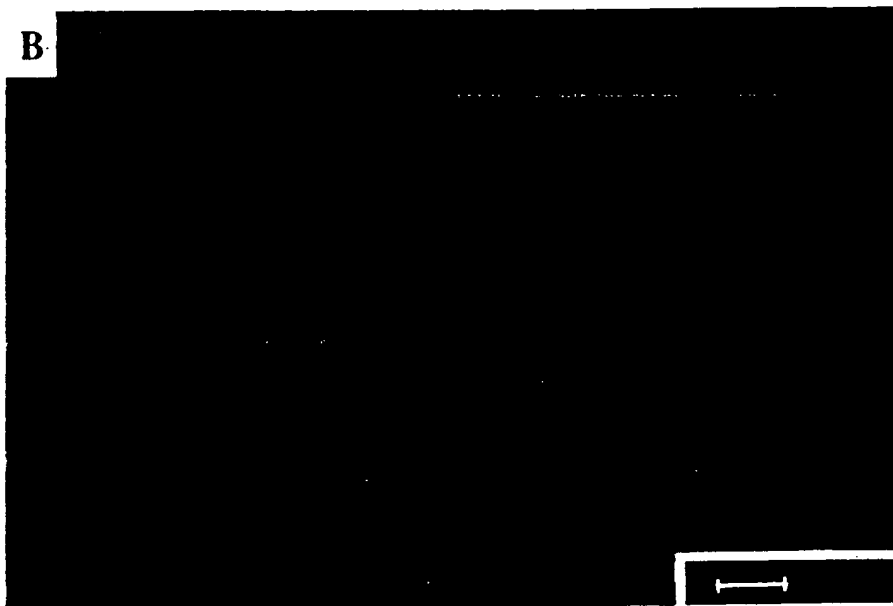
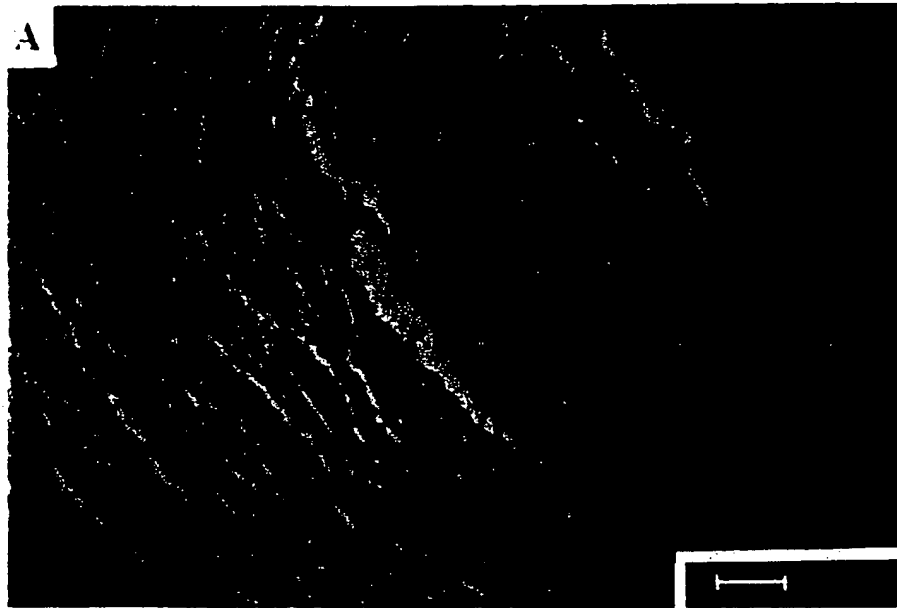


Abb. 6

7/12

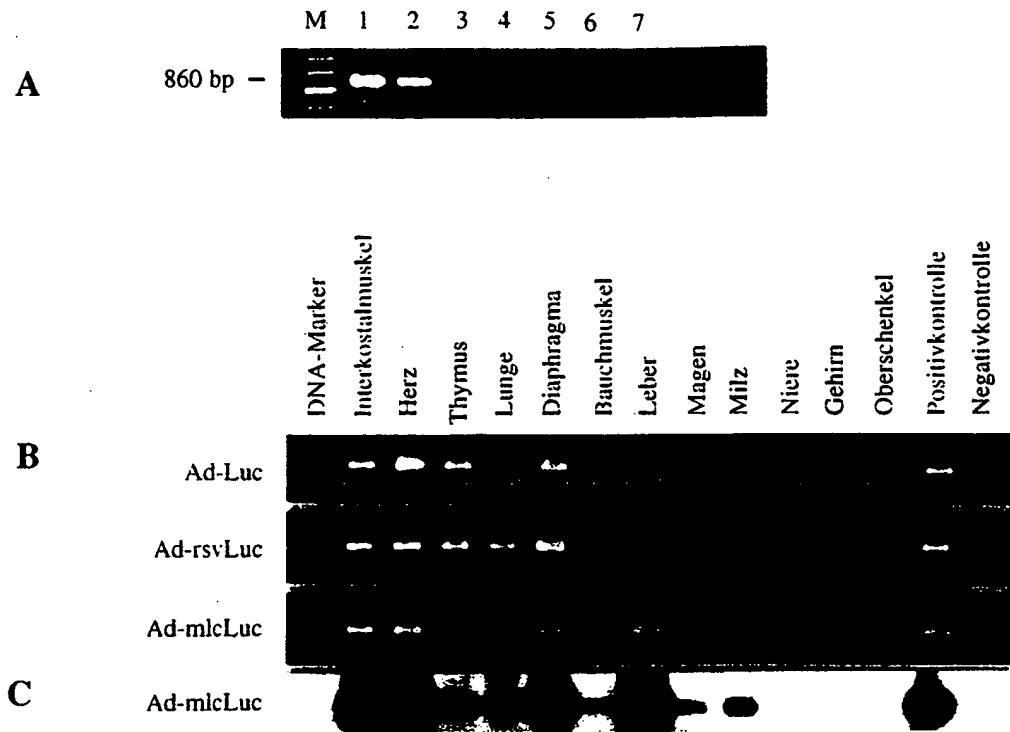


Abb. 7

8/12

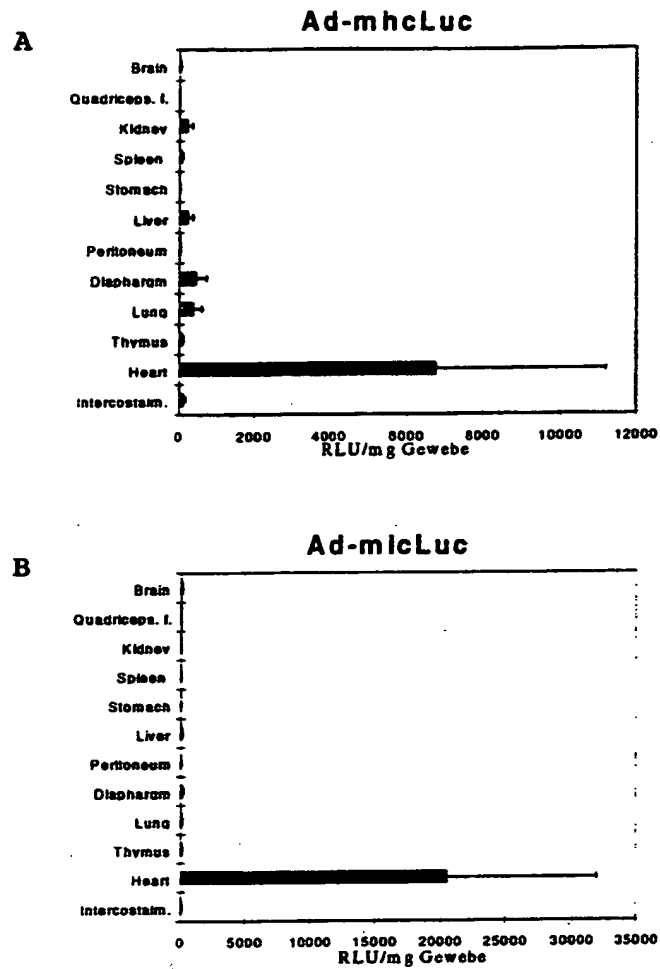
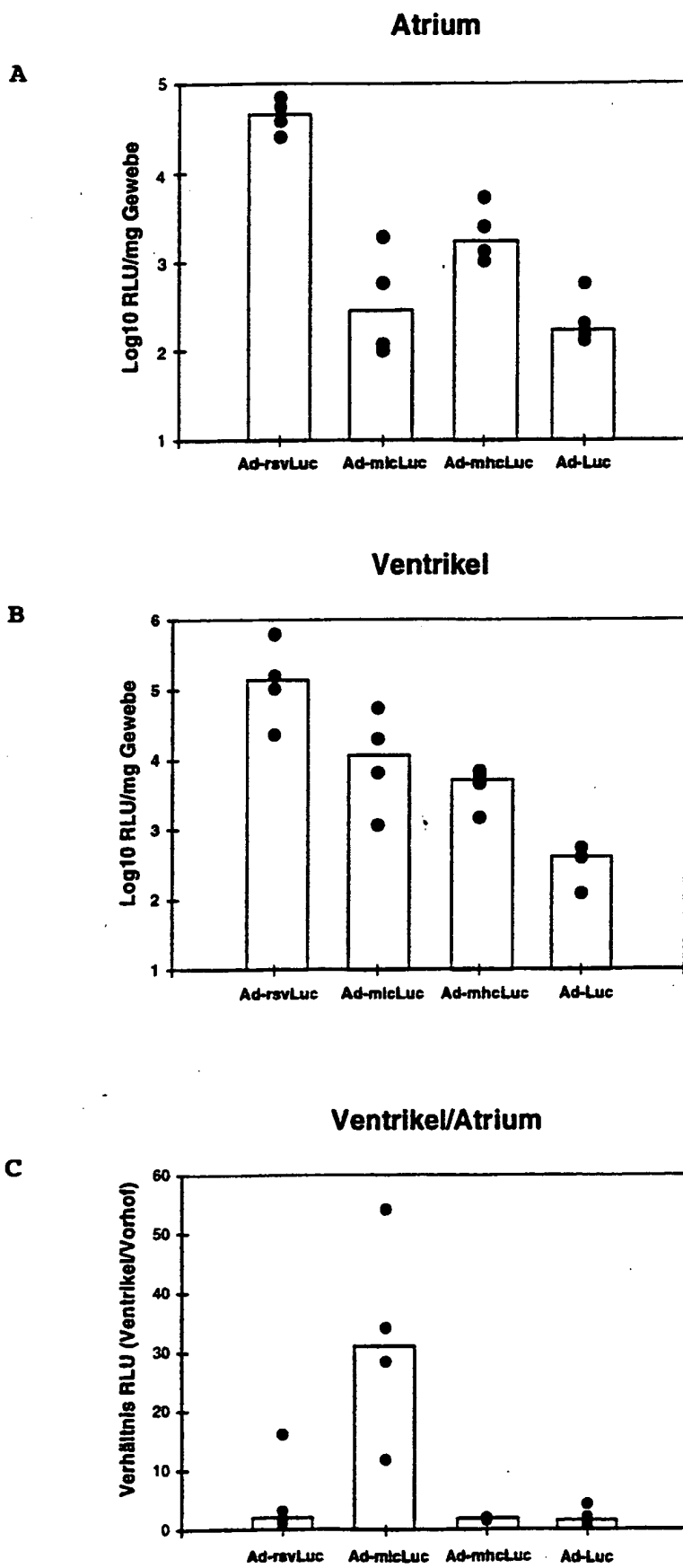


Abb. 8

9/12



GAAGTGAAAT CTGAATAATT TTGTGTTACT CATAGCGCGT AATATTTGTC	50
TAGGGCCGCG GGACTTTGAC CGTTTACGTG GAGACTCGCC CAGGTGTTTT	100
TCTCAGGTGT TTTCCGCGTT CCGGGTCAA ... Verpackungsse-	150
quenz! BamHI KpnI	
GTCAGGGGGA TCCGGAATTC TTGAAGACGA AAGGGCCCGG TACCCAGGAC	200
TGATTCTCGG AAAGTTCTAG GCTGCAGAAA TCTCACACGC ACAAGAGTTT	250
GGAGTCACAG GATGGGTGTC CGCCAAGAGC CTAGGGACAG AACGTTGTCA	300
GCCCCTGTGC CCGGACCCTG TGGACTGTGA GAAGAGCAGA GTCCCACCCC	350
CAGGCCTTCT TAGACCCACC CCGGGTTTTT CCAGCATCCT TCCTGCAGGA	400
CCGGACCCCT GGCTGAAAGT ACAGAAACCC TAGAGTCTGC AGCCCATGTG	450
GCTGGGCCGC CATGTTTCCA GAATCCTCTG GTCTAAGGAT CCAGACCTCT	500
TACGGAGCCC AACAGCTCAA GGGACAGTTA GCATGTTCAT GTGTACTGGG	550
AGGAGCAGGA GCCAACAGAG GTCATGAAGA TCCACAGGGG CTCCGGTTCC	600
GAGGCCCTTG GGTTTTATCA CCAAATGTTT CCCACCCAGC AACATAAAAC	650
AGCTCCTCAG ACAGCGCAGT GGACCAGTGG <u>ACCACAGGGA CAGATCACCT</u>	700
Sequenz	
<u>CTGTGGGCCC AGACTCATAG TAACCTCTAA</u> CCTCAATCTC CAGCCTCCCA	750
CAGTCATTGT CGGTCACCTT GTTTCTCAGC CACCACACTT GGCAAGTCAC	800
GTGTGCCTCA ACACAATCTT CAGAAGCCAG GGGGATGGGG TTTTGTTTAA	850
CTGATGGGTG TTTTGTTTTG TTTTGTTTCA TTAAGTGTCA CGTAGCCCAG	900
GCTAGCCTTG AACTCACTAT GTAGGCAAGC ATGACCATGA ACTTCTGATC	950



11/12

CTCCTTCCTC AGTGTCTGG GATAACAGGT GTGTGTCACT CCCTACCCTT	1000
CTAATAGCAA TATGTGGCCA CATGTTTGTG CCCCACAGGT TGAGACCATC	1050
TTGACCTGAG GAAGAAATAG CTAACACTCA CCTCCTGAAG GTTGCCTGGA	1100
TCTCGTCTTT GTCTTTCCAG CACTCAGGAG TGGGGGGGTC AGAAGTGCAA	1150
AGTCAGCCCC TGCTACATAA TGAGTTCAAG GCTCGCCTGG GCTACATGAG	1200
ACCATGCCTC AAAAAGAAAA GGAATTGGTA TAGTGACATA CTCTGGTCCT	1250
CCCAGTACTT AGGGACACAG AGGCCACTCC ACCACCATCT CCAGCAGCTG	1300
GCCTGCCTCC CCGAGCCTCG TTTATTTTCAT ATCAATGAGA TGGGGACCCA	1350
ACTGCTAAGG TGACCTTGCA CCCACGGGGT GACTGGAGAC TTGAGAGTGG	1400
AGGGTTTATC ATTTCTCCAG TCGGTCAGCA AGTGGTCGCC GCCAAGAAGG	1450
TTTTGAGTTC AAAGTAGAAG ATGGGACAGG GAGAGACCAG CGAGAAGACC	1500
CCACCCTGGA GCTGACTGTC CCTGTGCGGC TGGGTGGGGA CACAAAGCAG	1550
AGAAGCAGAG GCAGAGAACA AGGGTGGGTG ACATTTGAGC AAGGATGGGG	1600
GTGTGCCAGA GGCTGCCCAA GATGCATAGG TGCAAAGGCC CTGAGGTTCG	1650
AGGATGCCTG GATCCGGAAT CAAAGCTCAG GCTCCTCCCT CTTCTCCTC	1700
CTCCTCTGCC CCCTCCTCCT CCTCTGCCCC CTCTTCCTCC TCTGCCCCCT	1750
CTTCTTCCTC CTCCTCTTCC TCCTCCCCTC CTCATCTACC TCCTTCTCCT	1800
CCTCCTCCCC CTCCTCTTCC TCCTCTGCCC CCTCTTCCTC CTCCTCCTCT	1850
TCCTCCTCCT CTTCTCCTC CCCTCCTCAT CTACCTCCTT CTCCTCCTCC	1900

12/12

TCCCCCTCCT CTTCCCTCCTC TGCCCCCTCT TCCTCCTCTG CCCCTCTTCC 1950  
 TCCTCCTCCT CTTCCCTCCTC TGCCCCCTCC TCCCCCTCCT CTTCCCTCTC 2000  
 CTCCTCCCCCT CCTCATCTAC CTCCTTCTCT TCCTCCTCTT CTTCCCTCCTC 2050  
 TTTCTCCTCC TCCTCCCTCT CCTCTTCCTC CTCCTCTTCT TTCTCCTCCT 2100  
 CCTCTTCCTC CCCCTCCCCT TCCTGGGTTA CTTTTCCTCA TTAGACAATG 2150  
 GCAGGACCCA GAGCACAGAG CATCGTTCCC AGGCCAGGCC CCAGCCACTG 2200  
 HF-3 Element MLE1 Element  
 TCTCTTTAAC CTTGAAGGCA TTTTGGGTC TCACGTGTCC ACCCAGGCGG 2250  
 HF-2 Element  
 GTGTCGGA CTGAACGGCT CTTACTTCAG AAGAACGGCA TGGGGTGGGG 2300  
 E-Box HF-1a ; HF-  
 GGGCTTAGGT GGCCTCTGCC TCACCTACAA CTGCCAAAAG TGGTCATGGG 2350  
 1b Element  
 GTTATTTTAA ACCCCAGGGA AGAGGTATTT ATTGTTCCAC AGCAGGGGCC 2400  
 +1  
 GGCCAGCAGG CTCCTTGAAT TCGACCCCTT CGAGCTTGGC ATTCCGGTAC 2450  
 ; Luciferase-kodierende Sequenz ...  
 TGTTGGTAAA ATGGAAGACG CCAAAAACAT AAAGAAAGGC CCGGCGCCAT 2500  
 TCTATCCTCT AGAGGATGGA ACCGCTGGAG AGCAACTGCA TAAGGCTATG 2550  
 AAGAGATACG CCCTGGTTCC TGAACAATT GCTTTTACAG ATGCACATAT 2600  
 CGAGGTGAAC ATCACGTTCG CGGAATACTT CGAAATGTCC GTTTCGGTTG 2650  
 GCAGAAGCTA TGAAACGATA TGGGCTGAAT ACAAATCACA GAATCGTCGT 2700  
 ATGCAGTGAA AACTCTCTTT CAATTCTTTA TGCCGGTGTT GGGCCCGTTA 2750  
 TTTATCCGGA GTTGCAGTTG CCGCCCGCCG AACA

Abb. 10C